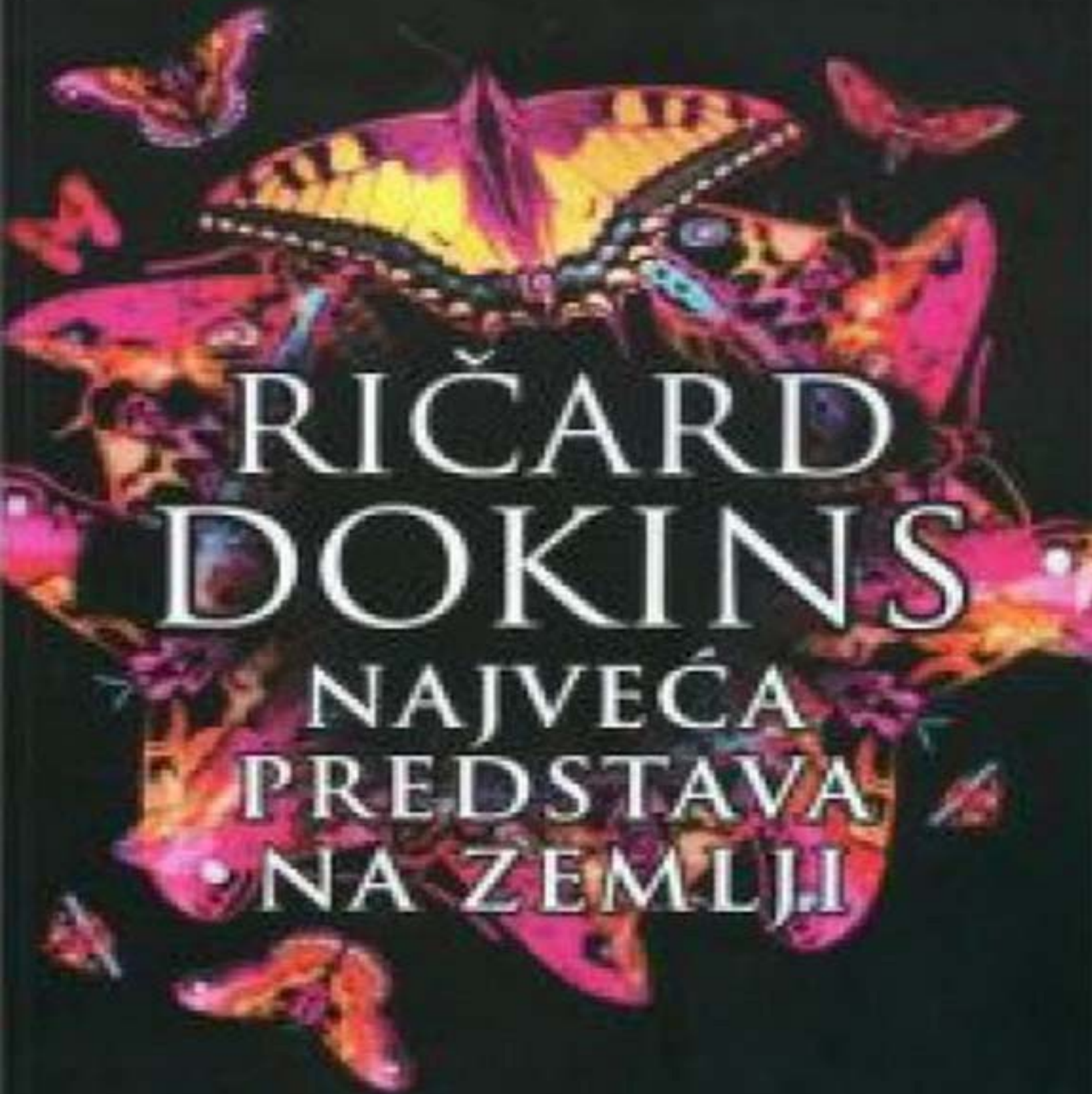
OD AUTORA BESTSELERA

ZABLUDA O BOGU



RIČARD DOKINS

NAJVEĆA PREDSTAVA NA ZEMLJI

DOKAZI U PRILOG EVOLUCIJI

NAJVEĆA PREDSTAVA NA ZEMLJI

DOKAZ ZA EVOLUCIJU

RIČARD DOKINS

Prevod
Aleksandra Dragosavljević
Ana Ješić Katarina Ješić
Bojan Stojanović

HELIKS

Takođe od Ričarda Dokinsa

Sebični gen
Prošireni fenotip
Slepi časovničar
Reka iz raja
Uspon Planinom neverovatnosti
Rasplitanje duge
Đavolov kapelan
Priče predaka
Zabluda o Bogu

Posvećeno Džošu Timonenu

Edicija *Dela Ričarda Dokinsa*
Knjiga 4
Naslov originala
Richard Dawkins:
THE GREATEST SHOW ON EARTH
Copyright © 2009 by Richard Dawkins
Copyright © 2009 za srpsko izdanje, Heliks
Izdavač
Heliks

Za izdavača
Brankica Stojanović

Urednik edicije
Bojan Stojanović

Lektor
Vesna Đukić

Štampa
Artprint, Novi Sad *Tiraž*
1000 primeraka

Prvo izdanje

Knjiga je složena
tipografskim pismima
Minion Pro i Trajan Pro
ISBN: 978-86-86059-15-4
Smederevo, 2009.
www.heliks.rs

SADRŽAJ

PREDGOVOR
Poglavlje 1 Samo teorija?
Poglavlje 2 Psi, krave i kupus
Poglavlje 3 Stazama uživanja do makroevolucije

Poglavlje 4 Časovnici i spori hod vremena
Poglavlje 5 Tu, pred našim očima
Poglavlje 6 Karika koja nedostaje? Kako to mislite - „nedostaje”?
Poglavlje 7 Nestale osobe? Nađene!
Poglavlje 8 Sami ste to uradili za devet meseci
Poglavlje 9 Nojeva barka kontinenata
Poglavlje 10 Stablo srodstva
Poglavlje 11 Istorija ispisana svud po nama
Poglavlje 12 Trke u naoružanju i evoluciona teodiceja
Poglavlje 13 Ima veličanstvenosti u ovome pogledu na život
Dodatak Poricatelji istorije

BELEŠKE
BIBLIOGRAFIJA I PREPORUKA ZA DALJE ČITANJE
ZAHVALNICE ZA SLIKE
INDEKS
O AUTORU

PREDGOVOR

DOKAZI za evoluciju rastu iz dana u dana i nikada nisu bili jači. U isto vreme, paradoksalno, ne sećam se da je otpor neznalica ikada bio jači. Ova knjiga je moj sopstveni pregled dokaza da je „teorija" evolucije, zapravo, činjenica - nepobitna koliko i svaka druga naučna činjenica.

Ovo nije prva knjiga koju sam napisao o evoluciji i osećam potrebu da objasnim po čemu se ona razlikuje od drugih. Mogla bi se opisati kao moja karika koja nedostaje. U *Sebičnom genu* i *Proširenom fenotipu* izneo sam nesvakidašnje gledište o poznatoj teoriji prirodne selekcije, ali ne i dokaze za samu teoriju evolucije. U sledećim trima knjigama, na različite načine, pokušao sam da prepoznam i uklonim glavne prepreke za razumevanje. U ovim knjigama, a to su *Slepi časovničar, Reka iz Raja* i *Uspon Planinom neverovatnosti* (moja omiljena od te tri), odgovorio sam na pitanja poput: „Kakva je korist od pola oka?", „Kakva je korist od pola krila?" „Kako radi prirodna selekcija, kad većina mutacija proizvodi negativne efekte?" Iznova naglašavam da u ovim knjigama nisam odista izneo dokaze da je evolucija činjenica, premda sam raščistio kamenje spoticanja. U mojoj najobimnijoj knjizi, *Priče predaka,* opisan je pun krug istorije života kao svojevrsno čoserovsko hodočašće unazad kroz vreme u potrazi za precima, ali i tu se polazi od pretpostavke da je evolucija tačna.

Posmatrajući sve te knjige, uvideo sam da dokaze za samu evoluciju nigde nisam neposredno predstavio i da je to ozbiljna praznina koju moram da popunim. Godina 2009. dobra je prilika, jer se u njoj navršava dva veka od Darvinovog rođenja i 150 godina od prvog Izdanja *Postanka vrsta.* Razumljivo je da su na istu pomisao došli i drugi, pa su se ove godine pojavila izvrsna dela, među kojima se izdvaja *Zašto je evolucija istinita*?, Džerija Kojna. Moj prikaz u časopisu T*imes Literary Supplementu* u kome sam izrazio zadovoljstvo ovom knjigom, možete pročitati na Web lokaciji

http://richarddawkins.net/ article,3594,Heat-the-Hornet,Richard-Dawkins.

Radni naslov pod kojim je moj književni agent, neumorni vizionar Džon Brokman, ponudio knjigu izdavačima bio je *Samo teorija.* Kasnije se ispostavilo da je Kenet Miler „rezervisao" ovaj naslov za svoju knjigu napisanu kao odgovor na jedno od onih čuvenih suđenja na kojima se ponekad odlučuje o nastavi nauke u školama, a na kome je on imao herojsku ulogu. U svakom slučaju, od početka sam sumnjao da je ovaj naslov pogodan za moju knjigu i bio sam spreman da ga se odreknem čim sam otkrio da mi je savršen naslov sve vreme bio na dohvat ruke. Pre koju godinu, anonimni obožavalac poslao mi je majicu s cirkuskim sloganom: „Evolucija, najveća predstava na Zemlji, jedina igra u gradu". Povremeno sam je oblačio kada sam držao predavanja pod tim naslovom, i odjednom sam shvatio da je idealan za ovu knjigu i pored toga što je predugačak. Skratio sam ga na „Najveća predstava na Zemlji". Naslov „Samo teorija", sa znakom pitanja kao merom predostrožnosti protiv kreacionističkih iskrivljavanja citata, zgodno je poslužio za prvo poglavlje.

Mnogi ljudi su mi na razne načine pomogli, a među njima su Majki Judkin, Ričard Lenski, Džordž Oster, Karolin Pond, Henri D. Grisino- Majer, Džonatan Hodžkin, Met Ridli, Piter Holand, Volter Džojs, Jan Vong, Vil Atkinson, Lata Menon, Kristofer Grejem, Pola Kirbi, Lajza Bauer, Oven Seli, Viktor Flin, Karen Ovens, Džon Endler, Ijan Daglas- Hamilton, Šila Li, Fil Lord, Kristine De Blaz i Rend Rasel. Seli Gaminara i Hilari Redmon i njihove ekipe u Britaniji i Americi, pružali su mi divnu podršku i uvek su bili spremni da učine sve što je trebalo. Dok je knjiga bila u završnim fazama pripreme za štampu, tri puta su uzbudljiva nova otkrića objavljena u naučnim časopisima. Sva tri puta sam, snebivajući se, pitao mogu li se strogo uređene i složene procedure pripreme knjige narušiti da bi se u tekst unela nova otkrića. I sva tri puta su mi Sali i Hilari sa zadovoljstvom i entuzijazmom izlazile u susret, bez imalo gunđanja što prepravljam u poslednjem trenutku za razliku od većine drugih izdavača.

Moja supruga Lala Vord još jednom me je podržala neiscrpnim ohrabrivanjem, korisnim stilskim kritikama i predlozima sa osobenim stilom. Pisanje knjige sam započeo tokom poslednjih meseci profesure na katedri koja nosi ime Čarlsa Simonjija, a završio sam je kada sam se penzionisao. Napuštajući Simonjijevu katedru, nakon četrnaest godina i sedam napisanih knjiga od našeg znamenitog prvog susreta, još jednom želim da se zahvalim Čarlsu. Lala i ja nadamo se da će naše prijateljstvo s Čarlsom još dugo trajati.

Ova je knjiga posvećena Džošu Timonenu, kao znak zahvalnosti njemu i malom timu posvećenih ljudi koji su zajedno sa Džošom postavili Web lokaciju RichardDawkins.net. Džoš je poznat kao nadaren Web dizajner, ali to je samo vrh čudesnog ledenog brega. Džošov kreativni talenat je mnogo više od toga, jer slika ledenog brega ne odražava širinu njegovih doprinosa našem zajedničkom poduhvatu, niti njegov uistinu dobar smisao za humor.

POGLAVLJE 1

SAMO TEORIJA?

ZAMISLITE da predajete istoriju Starog Rima i latinski jezik. Nestrpljivo čekate da prenesete svoje oduševljenje antičkim svetom - Ovidijevim elegijama i Horacijevim odama, izrazitom efikasnošću latinske gramatike koja se ogleda u Ciceronovim govorima, strateškim finesama Punskih ratova, vojnom veštinom Julija Cezara i pohotnim rasipništvom potonjih vladara. To je veliki poduhvat za koji je potrebno vreme, usredsređenost, posvećenost. Međutim, ustanovite da bučna horda neznalica (ignoranata, rekli biste vi, kao pravi znalac latinskog) neprestano zloupotrebljava vaše dragoceno vreme, odvlačeći pažnju razreda. S jakom političkom, i naročito finansijskom podrškom, oni neumorno saleću vaše nesrećne đake pokušavajući da ih ubede u to da Rimljani nisu ni postojali. Nikada nije bilo Rimskog carstva. Čitav svet nastao je samo malo ranije nego što dopire sećanje. Španski, italijanski, francuski, portugalski, katalonski, oksitanski, romanš: svi ti jezici i njihovi dijalekti raširili su se spontano i nastali zasebno, i ne duguju ništa niti jednom prethodniku kao što je latinski. Umesto da posvetite punu pažnju plemenitom zanimanju nastavnika klasičnih nauka, primorani ste da rasipate vreme i energiju kako biste odbranili tvrdnju da su Rimljani postojali i usprotivili se predrasudi neukih koja bi vam naterala suze na oči da niste previše zauzeti boreći se protiv nje.

Ako se ne možete poistovetiti s mojim izmišljenim nastavnikom latinskog, evo realističnijeg primera. Zamislite da predajete noviju istoriju i da vaša predavanja o Evropi 20. veka bojkotuje, ometa i na kakav drugi način remeti dobro organizovana i finansirana, politički moćna grupa poricatelja holokausta. Za razliku od mojih hipotetičkih poricatelja Starog Rima,

poricatelji holokausta zaista postoje. Oni su glasni, na prvi pogled verodostojni i vešto se pretvaraju da su učeni. Podržava ih predsednik bar jedne trenutno moćne države i njihove stavove brani najmanje jedan katolički biskup. Zamislite da ste, kao nastavnik evropske istorije, stalno suočeni s ratobornim zahtevima da „predajete o kontroverzi", i da „jednako vreme" posvetite „alternativnoj teoriji" po kojoj se holokaust nije dogodio nego ga je izmislila gomila cionističkih falsifikatora istorije. Intelektualci iz krugova pomodnih relativista uglas insistiraju da nema apsolutne istine, a to da li se holokaust uistinu dogodio pitanje je ličnog uverenja. Sve tačke gledišta su jednako valjane i treba da se podjednako „uvažavaju".

Muke kroz koje danas prolaze mnogi nastavnici prirodnih nauka nisu ništa manje strahotne. Kada pokušaju da izlože centralna i vodeća načela biologije, kada pošteno smeste živi svet u istorijski kontekst, to jest objasne evoluciju, kada istražuju i objašnjavaju samu prirodu života - uznemiravaju ih i ometaju, dosađuju im i kinje ih, čak im prete da će ostati bez posla. U najmanju ruku, njihovo vreme se svaki put traći. Često dobijaju preteća pisma od roditelja i moraju da trpe decu ispranih mozgova koja se, skrštenih ruku, sarkastično smeškaju. Nameću im se udžbenici koje je odobrila država i u kojima je reč „evolucija" sistematski izbrisana, ili cenzurom preinačena u „promena tokom vremena" Nekad smo se takvim stvarima podsmevali kao čudnim američkim pojavama. Nastavnici u Britaniji i Evropi sada se suočavaju sa istim problemima, delimično zbog američkog upliva ali pre svega usled sve većeg uticaja islama u učionici - podstaknutog zvaničnom privrženošću „multikulturalizmu" i strahu od prišivanja etikete rasiste.

Neretko se s pravom kaže da više sveštenstvo i teolozi ne osporavaju evoluciju i da, u mnogim slučajevima, aktivno podržavaju naučnike u tom pogledu. To je često tačno, što znam iz prijatnog iskustva, kada sam u dva navrata sarađivao sa ondašnjim oksfordskim biskupom, sada lordom Harisom. Godine 2004. zajedno smo napisali članak za *Sunday Times* koji smo završili rečima: „Danas se nema o čemu raspravljati. Evolucija je činjenica i, iz hrišćanske perspektive, jedno je od najvećih božjih dela." Poslednju rečenicu je napisao Ričard Haris, ali složili smo se o svem« ostalom u tom članku. Dve godine pre toga, biskup i Haris i ja organizovali smo sastavljanje otvorenog pisma tadašnjem premijeru Toniju Bleru koje je glasilo:

Dragi premijeru,

Pišemo kao grupa naučnika i biskupa kako bismo izrazili svoju zabrinutost zbog nastave prirodnih nauka na koledžu Emmanuel City Technology u Gejtshedu.

Evolucija je naučna teorija kojom se mnoge pojave mogu objasniti, kadra da rasvetli širok spektar pojava u mnogim naučnim disciplinama. Ona se može poboljšavati, potvrđivati i čak korenito preinačiti pod pritiskom dokaza. To nije, kao što tvrde predstavnici pomenute škole, „versko stanovište" u istoj ravni s biblijskim prikazom stvaranja i ima drugačiju ulogu i svrhu.

Ovo pitanje sveobuhvatnije je od toga šta se trenutno predaje u jednoj školi. Sve je veća zabrinutost zbog toga šta će i kako učiti nove generacije učenika u verskim školama. Smatramo da se nastavni planovi i programi u takvim školama, kao i u koledžu Emmanuel City Technology moraju pomno nadzirati kako bi se valjano izučavale odgovarajuće naučne discipline i verska učenja.

S poštovanjem,

Ričard Haris, oksfordski biskup; ser Dejvid Atenboro, član Kraljevskog društva; Kristofer Herbert, biskup u Sent Olbansu; lord Mej od Oksforda, predsednik Kraljevskog društva; profesor Džon Enderbi, član Kraljevskog društva i sekretar odseka za fiziku pri Kraljevskom društvu; Džon Oliver, herfordski biskup; Mark Santer, birmingamski biskup; ser Nil Čalmers, upravnik prirodnjačkog muzeja; Tomas Batler, biskup u Saudvorku; ser Martin Ris, član Kraljevskog društva, kraljevski astronom; Kenet Stivenson, biskup u Portsmautu; profesor Patrik Bejtson, član Kraljevskog društva i sekretar odseka za biologiju pri Kraljevskom društvu; Krispijan Holis, katolički biskup u Portsmautu; ser Ričard Sautvud, član Kraljevskog društva; ser Fransis Grejem-Smit, član Kraljevskog društva i bivši sekretar odseka za fiziku pri Kraljevskom društvu; profesor Ričard Dokins, član Kraljevskog društva.

Biskup Haris i ja u žurbi smo priredili pisanje ovog pisma. Koliko se sećam, potpisali su ga svi kojima smo se obratili. Nije bilo neslaganja ni među naučnicima ni među biskupima.

Kenterberijskom nadbiskupu nije sporna evolucija, kao ni papi (izuzmemo li poneko čudno natezanje zbog određivanja preciznog paleontološkog trenutka utiskivanja duše), niti obrazovanim sveštenicima i

profesorima teologije. Ovo je knjiga o dokazima da je evolucija činjenica. Nisam je zamislio kao antireligijsku knjigu. O tome sam već pisao, to je druga tema, a ovo nije mesto da se njome ponovo bavim. Biskupi i teolozi koji su posvetili pažnju dokazima u prilog evoluciji, prestali su da joj se suprotstavljaju. Neki su to učinili nerado, drugi, poput Ričarda Harisa, sa oduševljenjem, ali su svi osim tužno neinformisanih primorani da prihvate činjenicu o evoluciji. Oni možda misle da je Bog umešao prste u početak procesa evolucije i da se možda dalje nije mešao u njeno vođenje. Verovatno smatraju da je Bog pustio kosmos u pogon, pa blagoslovio njegovo rođenje skladnim skupom zakona i fizičkih konstanti sračunatih tako da ispune zagonetnu svrhu u kojoj ćemo i mi dobiti svoju ulogu. Ali, ponekad gunđajući, ponekad radosno, misleća i racionalna sveštena lica prihvataju dokaze o evoluciji.

Ne smemo samozadovoljno pretpostaviti da će i članovi verskih zajednica prihvatiti evoluciju samo zato što to čine biskupi i obrazovani sveštenici. Avaj, kao što sam dokumentovao u dodatku, ispitivanja javnog mnjenja pružaju obilje dokaza za suprotan zaključak. Više od 40 procenata Amerikanaca poriče da su ljudi evolucijom nastali od drugih životinja i misli da je nas - a i celokupan život na Zemlji - stvorio Bog u poslednjih deset hiljada godina. Ta cifra nije tako visoka u Britaniji, ali je svakako zabrinjavajuća. A zbog nje bi trebalo da se zabrinu i crkva i naučnici. Ovakva knjiga je neophodna. Nazivaću „poricali istorije" one ljude koji poriču evoluciju, veruju da se starost sveta meri hiljadama godina, a ne hiljadama miliona godina, i da su ljudi hodali Zemljom zajedno s dinosaurusima. Da ponovim: oni čine više od 40 procenata stanovništva Amerike. U nekim državama procenat je viši, u drugim niži, ali 40 procenata je dobra prosečna cifra pa ću s vremena na vreme o poricateljima istorije govoriti kao o „40-procentašima".

Da se vratim prosvećenim biskupima i teolozima. Bilo bi lepo ako bi se malo srčanije borili protiv antinaučnih besmislica koje osuđuju. Tada bi mnogi sveštenici, koji se slažu da je evolucija istinita i da Adam i Eva nisu postojali, čista srca iznosili u svojim besedama za propovedaonicom razne moralne i teološke stavove o Adamu i Evi, a da ne bi nijednom pomenuli da to dvoje, zapravo, nisu postojali! Ako bi im neko šta spočitao, protestovali bi da su na umu imali čisto „simboličko" značenje, možda nešto što ima veze s „prvobitnim grehom" ili čednošću. Mogli bi na kraju dodati da očito niko nije toliko nepromišljen da njihove reči doslovno shvati. Ali, zna li to njihova

pastva? Kako da osoba u crkvenoj klupi ili na molitvenom ćilimu zna koje delove svetih spisa da shvati doslovno a koje simbolički? Hoće li to neobrazovani pojedinci koji idu u crkvu zaista tako lako pogoditi?

„I dalje tvrdim da je to samo teorija."

Previše je slučajeva u kojima je odgovor očigledno odričan i svakome se može oprostiti ako je zbunjen. Ako mi ne verujete, pogledajte dodatak na kraju ove knjige.

Razmislite o tome, biskupe, budite oprezni, vikare. Igrate se dinamitom, zbijate šalu s nesporazumom koji vreba iz potaje - i samo što ne izbije ukoliko ga ne sprečimo. Zar ne bi trebalo da budete pažljiviji kada javno istupate, pa da „bude što jest da i što nije ne, da ne padnete pod sud". Zar ne bi trebalo da se suprotstavite tom, već uveliko raširenom, javnom nerazumevanju te aktivno i žestoko podržite naučnike i nastavnike prirodnih nauka?

Ovom knjigom pokušavam da doprem i do poricatelja istorije. Što je još važnije, težim da naoružam one koji ne poriču istoriju ali poznaju ljude koji to čine - možda su to članovi njihove porodice ili crkve - a otkrili su kako nisu dobro pripremljeni da im se argumentovano suprotstave.

Evolucija je činjenica. Izvan razumne sumnje, izvan ozbiljne sumnje, izvan normalne, informisane i inteligentne sumnje, izvan sumnje - evolucija je činjenica. Dokazi o evoluciji su, u najmanju ruku, jaki koliko i dokazi o holokaustu, bez obzira na to što postoje svedoci koji su holokaust videli sopstvenim očima. Sušta je istina da smo mi rođaci šimpanza, nešto dalji rođaci majmuna, i još dalji rođaci mravojeda i morskih krava, i još dalji rođaci banana i repe... nabrajajte koliko god želite. To nije moralo biti tačno. To nije sama po sebi jasna, tautološka, očigledna istina, i nekada je većina ljudi, čak obrazovanih ljudi, mislila da to nije tačno. To nije moralo biti tačno, ali jeste tačno. Znamo da jeste zbog obilja dokaza koji podupiru

ovakvu tvrdnju. Evolucija je činjenica i ova knjiga će to pokazati. Nijedan uvaženi naučnik ne osporava evoluciju i neće biti nepristrasnog čitaoca koji će sklopiti korice ove knjige i ostati da sumnja u evoluciju.

Zašto onda govorimo o „Darvinovoj *teoriji* evolucije", pružajući time lažan osećaj ugodnosti onima koji imaju kreacionistička ubeđenja - poricateljima istorije, 40-procentašima - koji misle da je reč „teorija" ustupak i da im je to poklon ili njihova pobeda?

ŠTA JE TEORIJA? ŠTA JE ČINJENICA?

Samo teorija? Pogledajmo šta znači „teorija". U *Oksfordskom rečniku engleskog jezika* navedena su dva značenja (u stvari, ima ih više ali su važna samo sledeća dva).

> **Teorija, značenje 1:** Shema ili sistem ideja ili iskaza koji objašnjava ili rasvetljava grupu činjenica ili fenomena; hipoteza koja je potvrđena ili postavljena prema opažanju ili eksperimentu i koja je predložena ili je prihvaćena kao objašnjenje za poznate činjenice; iskaz koji predstavlja opšte zakone, načela ili uzroke nečeg poznatog ili opaženog.
>
> **Teorija, značenje 2:** Hipoteza koja je predložena kao objašnjenje; stoga, puka hipoteza, spekulacija, pretpostavka; ideja ili skup ideja o nečemu; individualno stanovište ili utisak.

Očito je da su ta dva značenja potpuno različita. Kratak odgovor na moje pitanje o teoriji evolucije glasi: naučnici koriste značenje 1, dok se kreacionisti - možda prepredeno, možda iskreno - opredeljuju za značenje 2. Dobar primer značenja 1 jeste heliocentrična teorija Sunčevog sistema, po kojoj Zemlja i ostale planete kruže oko Sunca. Evolucija se savršeno uklapa u značenje 1. Darvinova teorija evolucije je zaista „shema ili sistem ideja ili iskaz". Ona objašnjava veliku „grupu činjenica ili fenomena" Teorija evolucije je „hipoteza koja je potvrđena ili je postavljena opažanjem ili eksperimentom" i po opštem uverenju ona je „iskaz koji predstavlja opšte zakone, načela ili uzroke nečeg poznatog ili opaženog". Teorija evolucije je svakako veoma daleko od „puke hipoteze, spekulacije, pretpostavke" Naučnici i kreacionisti tumače reč „teorija" na dva potpuno različita načina. Evolucija je teorija kao što je to i heliocentrična teorija. Ni u jednom slučaju ne treba koristiti reč „samo" kao u izrazu „samo teorija".

Što se tiče tvrđenju da evolucija nikada nije „dokazana”, dokaz je pojam kojeg su se mnogi naučnici uplašili toliko da su postali nepoverljivi. Uticajni filozofi govore nam da ne možemo ništa dokazati u nauci. Matematičari mogu dokazivati - i prema jednom strogom gledištu oni su jedini koji to mogu da čine - ali naučničko neuspešno opovrgavanje tvrdnje, uz naglašavanje koliko su to uporno pokušavali, najviše je što mogu uraditi u oblasti prirodnih nauka. Čak i neopovrgnuta teorija da je Mesec manji od Sunca ne može biti dokazana kao, na primer, Pitagorina teorema a da to zadovolji određenu grupu filozofa. Ali brojni dokazi za tvrdnju da je Mesec manji od Zemlje tako su ubedljivi, da bi njeno poricanje kao činjenice bilo smešno svima osim najvećim cepidlakama. To isto važi i za evoluciju. Evolucija je činjenica u istom smislu kao što je činjenica da se Pariz nalazi na severnoj hemisferi. Premda su logička zakerala glavni likovi u gradu[1], neke teorije su izvan razumne sumnje i njih zovemo činjenice. Što energičnije i temeljnije pokušavate da opovrgnete teoriju, a ona preživi taj napad, sve više se približavate onome što zdravorazumski zovemo činjenica.

Mogao bih da i nadalje koristim izraze „značenje 1 teorije” i „značenje 2 teorije”, ali odrednice se zaboravljaju. Moram da ih zamenim rečima. Već imamo zgodnu reč za teoriju sa značenjem 2. To je „hipoteza”. Svakome je jasno da je hipoteza privremena ideja koju čeka potvrđivanje (ili opovrgavanje). Upravo je taj žig nedorečenosti sada skinut s teorije evolucije ali ju je opterećivao u Darvinovo vreme. Teorija u značenju 1 ima veću težinu. Bilo bi lepo kada bi se koristila samo reč „teorija”, kao da značenje 2 i ne postoji. Zapravo, mogli bi se izneti dobri argumenti o tome da značenje 2 *ne bi trebalo da postoji* jer zbunjuje i nepotrebno je pošto već imamo izraz „hipoteza”. Nažalost, značenje 2 reči „teorija” uvrežilo se i ne možemo ga dekretom ukinuti. Uzeću zato znatnu ali ne i nedopustivu slobodu da iz matematike pozajmim reč „teorema” za značenje 1. Kao što ćemo videti, to i nije sasvim odgovarajuća pozajmica ali mislim da dobijamo više nego što rizikujemo zbog moguće zabune. Da bih umirio uvređene matematičare, promeniću reč u „teorum“. Najpre, objasniću strogo matematičku upotrebu teorema i obrazložiću svoju prethodnu izjavu da su, strogo govoreći, samo matematičari ovlašćeni da bilo šta *dokazuju* (advokati nisu, uprkos dobro plaćenom poslu).

Za matematičara, dokaz je logička demonstracija da zaključak nužno sledi iz aksioma koji su dati. Pitagorina teorema je nužno tačna pod uslovom da važe Euklidove aksiome, na primer ona da se paralelne prave nikada ne seku.

Gubili biste vreme mereći hiljade pravouglih trouglova pokušavajući da pronađete jedan koji opovrgava Pitagorinu teoremu. Pitagorejci su je dokazali, svako može da proveri dokaz, on je tačan i to je to. Matematičari koriste pojam dokaz kako bi napravili razliku između *pretpostavke* i *teoreme,* što pomalo podseća na razliku između dva značenja reči *teorija* u *Oksfordskom rečniku engleskog jezika.* Pretpostavka je tvrdnja koja izgleda tačna ali još uvek nije dokazana. Ona će postati teorema kada bude dokazana. Čuveni primer je Goldbahova pretpostavka, po kojoj se svaki paran broj veći od dva može predstaviti kao zbir dva prosta broja. Matematičari nisu uspeli da je opovrgnu za sve parne brojeve manje od 300 hiljada miliona miliona miliona, i zdrav razum nalaže da se ona nazove Goldbahova činjenica. Međutim, ona nije dokazana uprkos unosnim nagradama koje su ponuđene za takav podvig, i matematičari s pravom odbijaju da je smeste na „postolje" rezervisano za teoreme. Ako neko ikada pronađe dokaz, ona će od Goldbahove pretpostavke biti promovisana u Goldbahovu teoremu ili možda u X-ovu teoremu gde je X pametan matematičar koji pronađe dokaz.

Karl Segan j e na sarkastičan način koristio Goldbahovu pretpostavku u svom odgovoru ljudima koji tvrde da su ih oteli vanzemaljci.

> Povremeno dobijem pismo od nekog ko je u „kontaktu" s vanzemaljcima. Pozivaju me da ih „pitam bilo šta". I tako sam, tokom godina, pripremio mali spisak pitanja. Vanzemaljci su veoma napredni, sećate se. Zato ja postavljam ovakva pitanja: „Molim, dostavite kratak dokaz Fermaove poslednje teoreme". Ili Goldbahove pretpostavke... Nikada ne dobijem odgovor. S druge strane, ako pitam očito poput: „Treba li da budemo dobri", skoro uvek mi odgovore. Ovi vanzemaljci su izrazito raspoloženi da odgovore na bilo šta nejasno, pogotovo ako je u vezi s konvencionalnim moralnim sudovima. Ali na bilo šta konkretno, gde ima izgleda da ustanovite znaju li oni zaista nešto više od onoga što većina ljudi zna, usledi samo tišina.

Fermaova poslednja teorema, kao i Goldbahova pretpostavka, tvrdnja je o brojevima za koju još niko nije našao izuzetak. Za matematičare je njeno dokazivanje bilo jednako pronalaženju svetog Grala još od 1637. godine, kada je na margini jedne stare matematičke knjige Pjer de Ferma napisao: „Imam odista veličanstven dokaz... ali je margina premala da bih ga ovde zapisao". Teoremu je napokon dokazao engleski matematičar Endru Vajls, 1995. godine. Neki matematičari smatraju da je ona pre toga trebalo da se naziva pretpostavkom. Imajući u vidu dužinu i složenost Vajlsovog uspešnog

dokaza, kao i njegovo pozivanje na napredne metode i saznanja iz 20. veka, većina matematičara smatra da je Ferma bio u zabludi da je imao dokaz. Ovu priču sam pomenuo kako bih ilustrovao razliku između pretpostavke i teoreme.

Kao što sam već rekao, preinačiću matematički izraz *teorema* u *teorum* kako bih ga razlikovao od matematičke teoreme. Naučni teorum, kao što je evolucija ili heliocentrizam, jeste teorija koja zadovoljava značenje 1 iz Oksfordskog rečnika.

> [Ona] je potvrđena ili je postavljena opažanjem ili eksperimentom i predložena je ili prihvaćena kao objašnjenje za poznate činjenice; to je iskaz koji predstavlja opšte zakone, načela ili uzrok nečega poznatog ili opaženog.

Naučni teorum nije - i ne može biti - dokazan onako kako se dokazuje matematička teorema. Ali zdrav razum prihvata ga kao činjenicu, kao što prihvata da je činjenica i teorija po kojoj je Zemlja okrugla a ne ravna, ili da zelene biljke koriste Sunčevu energiju. Sve su to naučni teorumi: podržava ih velika količina dokaza, prihvataju ih svi obavešteni posmatrači; to su neopovrgnute činjenice u uobičajenom značenju reči. Kao i za sve činjenice, ako ćemo biti strogo formalni, i ovde važi kako je neosporno moguće da su naši merni instrumenti i organi čula kojima ih očitavamo žrtve masovne prevare. Bertrand Rasel je rekao: „Možda smo svi nastali pre pet minuta, s pripremljenim sećanjima, rupama na čarapama i kosom koju treba podšišati.” Kad se imaju u vidu dokazi koji su nam danas dostupni, moglo bi se tvrditi da je evolucija bila nešto drugo a ne činjenica samo ako bi se smatralo da je tvorac izveo prevaru, a u to bi malo koji vernik poverovao.

Vreme je da u rečniku potražimo značenje reči *činjenica.* Evo šta kaže *Oksfordski rečnik engleskog jezika* (ponovo ima nekoliko značenja ali je jedno relevantno):

> **Činjenica:** Nešto što se zaista dogodilo ili je stvarno tačno; nešto za šta je sigurno poznato da ima ovakva svojstva; prema tome, određena istina koja je poznata na osnovu stvarnih opažanja ili autentičnog svedočenja, za razliku od nečega što je samo izvedeni zaključak ili pretpostavka ili fikcija; podatak na osnovu neposrednog iskustva, za razliku od zaključaka koji su iz njega izvedeni.

Kao i teorum, činjenica u ovom značenju nema strog status dokazane matematičke teoreme koja neizbežno sledi iz skupa datih aksioma. Pored toga, stvarno opažanje ili autentično svedočenje mogu biti užasno pogrešni i

u sudnicama su precenjeni. Psihološki eksperimenti pružili su zaprepašćujuće primere koji bi trebalo da zabrinu svakog pravnika sklonog da se suviše uzda u dokaze očevidaca. Čuveni primer izneo je profesor Danijel Dž. Sajmons sa Univerziteta Ilinois. Dvadeset pet sekundi je snimano kako šestoro mladih ljudi stoje u krugu i jedan drugom dobacuju par košarkaških lopti a mi, subjekti eksperimenta, gledamo filmski zapis tog događaja. Igrači ulaze i izlaze iz kruga i menjaju mesta tokom dodavanja i vođenja lopti tako da je scena veoma živa i teško se prati. Pre nego što nam je prikazan film, rečeno nam je kako treba da obavimo jedan zadatak da bi se testirale naše moći opažanja. Treba da izbrojimo koliko su ukupno puta lopte prešle iz ruku jedne osobe u ruke druge. Na kraju testa brojevi se zapisuju ali - što publika ne zna - to nije poenta testa!

Nakon što nam je prikazao film i prikupio zapisane brojeve, eksperimentator svojim pitanjem izaziva senzaciju. „A ko je video gorilu?“ Mnogi zbunjeno gledaju. Eksperimentator potom ponovo pušta film, ali ovoga puta govori publici da opušteno gleda i ništa ne prebrojava. Neverovatno, ali devet sekundi od početka filma čovek u kostimu gorile nonšalantno se prošetao do centra kruga sa igračima, stao i pogledao u kameru, udario se po grudima kao da iskazuje prezir prema dokazima očevidaca, i potom bezbrižno odšetao kao što je i došao (strana 8 u boji). On je usred kadra, čitavih devet sekundi, više od trećine filma, a ipak ga većina gledalaca nije videla. Mogli bi se zakleti na sudu da nije bilo nikakvog čoveka u kostimu gorile i da su gledali više nego pažljivo čitavih 25 sekundi, upravo zato što su brojali dodavanje lopti. Sprovedeni su mnogi eksperimenti na ovu temu, a rezultati i reakcije su bili slični: preneraženost i neverica kada se publici napokon pokaže istina. Svedočenja očevidaca, „neposredna opažanja“, „podaci na osnovu iskustva“, sve to jeste ili u najmanju ruku može da bude beznadežno nepouzdano. Naravno da tu nepouzdanost posmatrača iskorišćavaju mađioničari i primenjuju tehnike namernog odvraćanja pažnje.

U definiciji pojma činjenica u rečniku, pominje se *„neposredno opažanje* ili autentično svedočenje nasuprot onome što je *samo izvedeno*“ (kurziv naknadno dodat). Pomalo je drska upotreba reči „samo“ jer nagoveštava pejorativno značenje. Koliko god se intuitivno opiremo da to priznamo, pažljivo izveden posredan zaključak može biti pouzdaniji od neposrednog opažanja. I sam sam se zapanjio što mi je na snimku promakao Sajmonsov gorila i otvoreno sam sumnjao da je on uopšte bio tamo. Poučen sopstvenom greškom i nakon drugog gledanja filmskog zapisa, nikada više neću biti u

iskušenju da svedočenju očevica automatski dajem prednost nad posrednim naučnim zaključkom. Možda bi ovaj film s gorilom, ili nešto slično, trebalo prikazivati svim porotama pre nego što se povuku na većanje. Takođe i svim sudijama.

Po opštem uverenju, izvođenje zaključaka bi trebalo da se pre svega zasniva na opažanju našim čulima. Na primer, očima gledamo odštampane podatke iz uređaja za sekvenciranje DNK, ili podatke koje nam daje veliki hadronski sudarač. Ali - nasuprot svoj intuiciji - neposredno opažanje navodnog događaja (kao što je ubistvo) dok se odigrava nije obavezno pouzdanije od posrednog opažanja njegovih posledica (na primer, DNK u mrljama krvi) koje se „ubacuje" u dobro izrađen motor za izvođenje zaključaka. Verovatnije je da neko bude pogrešno identifikovan na osnovu direktnog svedočenja očevica nego na osnovu posrednog zaključka izvedenog iz DNK dokaza. Uzgred, uznemirujuće je dug spisak ljudi koji su pogrešno osuđeni na temelju svedočenja očevica i potom oslobođeni - ponekad posle mnogo godina - zbog novog dokaza iz DNK. Samo je Teksasu 35 osuđenika oslobođeno optužbe od kada je DNK dokaz dopušten na sudu. I to su samo oni koji su još uvek živi. Imajući u vidu polet s kojim država Teksas primenjuje smrtnu kaznu (Džordž V. Buš je, za šestogodišnjeg guvernerskog mandata, potpisivao nalog za izvršenje smrtne kazne prosečno na svake dve sedmice), možemo pretpostaviti da bi priličan broj pogubljenih ljudi bio oslobođen da je DNK dokaz bio dostupan ranije.

U ovoj knjizi ozbiljno će se uvažavati izvođenje zaključaka - ne *puko* izvođenje nego valjano naučno izvođenje. A ja ću pokazati neupitnu snagu izvedenog zaključka da je evolucija činjenica. Veliku većinu evolucionih promena očevici ne opažaju direktno. Većina tih promena dogodila se pre nego što smo se rodili. Osim toga, one se previše sporo odvijaju da bi ih pojedinci mogli opaziti za života. To isto važi i za postojano udaljavanje Afrike i Južne Amerike koje je, kao što ćemo videti u poglavlju 9, suviše sporo da bismo ga primetili. Kada je reč o evoluciji, kao i u slučaju pomeranju kontinenata, samo nam je dostupno posredno zaključivanje nakon događaja, iz očiglednog razloga: ne postojimo u vreme odigravanja događaja. Ali nemojte ni za jednu nanosekundu potceniti snagu takvog posrednog dokaza.

Sporo udaljavanje Južne Amerike i Afrike je sada utvrđena činjenica u značenju reči „činjenica" iz običnog jezika, kao što je i činjenica to da smo u srodstvu s bodljikavim prasetom i narom.

Mi smo kao detektivi koji su došli na mesto počinjenog zločina. Ono što je uradio ubica sada je stvar prošlosti. Detektiv ne gaji nadu da će videti zločin svojim očima. Eksperiment s kostimom gorile i drugi slični eksperimenti naučili su nas da ne verujemo bespogovorno onome što vidimo. Međutim, detektiv može da se osloni na tragove koji ostaju, a mnogima od njih se može verovati. To su tragovi stopala, otisci prstiju (danas su tu, takođe, i DNK otisci), tragovi krvi, pisma, dnevnici. Svet je ovakav kakav jeste ukoliko je ova i ovakva istorija, a ne ona i onakva istorija, dovela do sadašnjosti.

Razlika između dva značenja pojma „teorija" iz rečnika nije nepremostivi jaz kao što to mnogi istorijski primeri pokazuju. U istoriji nauke, teorumi se često pojave kao „puke" hipoteze. Poput teorije o pomeranju kontinenata, zamisao može početi svoju karijeru u glibu podsmeha, pre nego što bolnim koracima napreduje do statusa teoruma ili neosporne činjenice. Ovo nije teško filozofsko pitanje. Činjenica da su se neka rasprostranjena verovanja iz prošlosti konačno pokazala pogrešnim, ne znači kako se treba pribojavati da će budući dokazi uvek ukazivati na netačnost naših sadašnjih uverenja. Koliko su ranjiva naša sadašnja uverenja zavisi i od snage dokaza koji ih podupiru. Ljudi su nekada mislili da je Sunce manje od Zemlje zato što su imali neodgovarajući dokaz. Sada imamo dokaz, ranije nedostupan, koji nepobitno pokazuje da je Sunce mnogo veće i možemo biti potpuno uvereni u to da ovaj dokaz nikada neće biti osporen. To nije privremena hipoteza koja sve do sada nije opovrgnuta. Naša sadašnja uverenja o mnogim stvarima mogla bi biti osporena, ali možemo s potpunom sigurnošću napraviti spisak određenih činjenica koje nikada neće biti opovrgnute. Teorija evolucije i heliocentrična teorija nisu uvek bile na tom spisku, ali sada jesu.

Biolozi često prave razliku između *činjenice* o evoluciji (sva živa bića su srodnici) i *teorije* o tome šta vodi evoluciju (najčešće misle na prirodnu selekciju i mogu je upoređivati sa suparničkim teorijama kao što su Lamarkove teorije o „upotrebi i neupotrebi organa" i „nasleđivanju stečenih osobina"). Darvin je obe ove teorije smatrao privremenim, hipotetičkim, zasnovanim na pretpostavci. U Darvinovo vreme, dostupni dokazi bili su manje ubedljivi pa je i dalje bilo moguće da uvaženi naučnici odbace i evoluciju i prirodnu selekciju. Danas više nije moguće osporiti činjenicu o evoluciji - ona je unapređena u teorum ili u činjenicu podržanu očiglednim dokazima - ali bi se i dalje moglo posumnjati u to da je prirodna selekcija njena glavna pokretačka sila.

Darvin je u svojoj biografiji objasnio kako je 1838. godine „iz zabave" čitao Maltusovu knjigu *O populaciji* (kako Met Ridli pretpostavlja, to je bilo pod uticajem Harijet Martino, izuzetno pametne prijateljice Darvinovog brata Erazmusa) i dobio inspiraciju za ideju o prirodnoj selekciji: „Tu sam, napokon, došao do teorije na kojoj je vredelo raditi". Za Darvina je prirodna selekcija predstavljala hipotezu koja je mogla biti ili tačna ili pogrešna. On je to mislio i za samu evoluciju. Ono što danas zovemo činjenicom evolucije, godine 1838. bila je hipoteza za koju je trebalo pribaviti dokaz. Do objavljivanja knjige *Postanak vrsta*, 1859. godine, Darvin je sakupio dovoljno dokaza da prokrči put za teoriju evolucije, ali ne i za prirodnu selekciju koja je bila daleko od statusa činjenice. Uzdizanju evolucije od hipoteze ka činjenici, Darvin je posvetio glavninu svoje velike knjige. Uzdizanje se nastavilo sve dok, u vremenu današnjem, nijedan ozbiljan um više ne sumnja u evoluciju, a naučnici govore, barem neformalno, o evoluciji kao *činjenici.* Svi uvaženi biolozi se slažu da je prirodna selekcija jedna od glavnih pokretačkih sila evolucije, mada nije jedina - na čemu pojedini biolozi insistiraju više od drugih. Čak i ako nije jedina, još uvek nisam sreo ozbiljnog biologa koji bi mogao ukazati na alternativu prirodnoj selekciji kao pokretačkoj sili *adaptivne* evolucije - evolucije koja vodi poboljšanju.

U nastavku izlaganja pokazaću da je evolucija neumitna činjenica i slaviću njenu zadivljujuću snagu, jednostavnost i lepotu. Evolucija je u nama, oko nas, među nama i njena dela ugrađena su u stene proteklih eona. Znajući da u većini slučajeva ne živimo dovoljno dugo da bismo posmatrali kako se evolucija odvija pred našim očima, vratićemo se na metaforu detektiva koji dolazi na mesto zločina i izvodi zaključke. Posredni dokazi koji vode naučnike do činjenice o evoluciji mnogo su veći, uverljiviji i nepobitniji od bilo kog svedočenja očevidaca koje je ikada bilo upotrebljeno u ma kom sudu u ijednom stoleću, radi dokazivanja krivice u bilo kom zločinu. Dokaz izvan razumne sumnje? *Razumne* sumnje? To je potcenjivanje svih vremena.

POGLAVLJE 2

PSI, KRAVE I KUPUS

ZAŠTO se Darvin tako kasno pojavio na sceni? Šta je usporilo čovečanstvo da nabasa na tu neverovatno jednostavnu ideju koju je, bar isprva, mnogo lakše razumeti nego matematičke Njutnove zamisli, nastale dva veka pre Darvina, ili Arhimedove, stare dva milenijuma? Na ovo pitanje ponuđeno je mnogo odgovora. Možda su umovi bili uplašeni nepojamno dugim vremenom u kome se odvijaju velike promene - nepodudaranjem između onoga što sada zovemo duboko geološko vreme i ljudskog veka i moći poimanja osobe koja pokušava da razume to vreme. Možda nas je sputavala verska indoktrinacija. Ili je, možda, to bila zastrašujuća složenost organa kao što je oko, koja pruža iluziju stvaranja od strane vrhovnog inženjera. Možda je sve navedeno imalo svoj udeo. Ali Ernst Mejr, velikan neodarvinističke sinteze, koji je umro 2005. godine u stotoj godini, često je iznosio drugačiju sumnju. Prema Mejru, krivac je bila drevna filozofska doktrina čije je moderno ime *esencijalizam.* Otkriće evolucije sprečavala je mrtva Platonova ruka.[2]

MRTVA RUKA PLATONOVA

Za Platona, „stvarnost", koju mislimo da vidimo, samo je senka što je na zidu pećine iscrtava treperava svetlost logorske vatre. Poput drugih klasičnih grčkih mislilaca, Platon je u duši bio geometar. Svaki trougao nacrtan u pesku nesavršena je senka same suštine, *esencije* trougla. Duži esencijalnog trougla čiste su euklidske linije s dužinom, ali bez širine, a definisane su kao

beskonačno tanke i nikad se ne seku kad su paralelne. Zbir uglova esencijalnog trougla iznosi tačno dva prava ugla, ni pikosekundu kružnog luka manje ili više. Sve to ne važi za trougao nacrtan u pesku: ali trougao u pesku za Platona je samo nestalna senka savršenog, esencijalnog trougla.

Po Mejrovom mišljenju, biologiju muči njena sopstvena verzija esencijalizma. Biološki esencijalizam odnosi se prema tapirima i zečevima, ljuskarima i kamilama kao da su trouglovi, rombovi, parabole ili dodekaedri. Zečevi koje vidimo, bleda su sena savršene „ideje" o zecu, idealnog, esencijalnog, platonskog zeca, koji visi negde po konceptualnom prostoru zajedno sa ostalim savršenim geometrijskim oblicima. Zečevi od krvi i mesa mogu se međusobno razlikovati, ali njihove varijacije uvek će biti viđene kao nepravilna odstupanja od idealne esencije zeca.

Kako je samo očajno neevolucionistička ta slika! Svaku promenu u zečevima, platonisti doživljavaju kao zbrkano odstupanje od esencijalnog zeca, a uvek će biti otpora promeni - kao da su svi pravi zečevi privezani nevidljivim, elastičnim konopcem za esencijalnog zeca na nebu. Evolucionistički pogled na život potpuno je suprotan. Potomci mogu neograničeno odstupati od predaka, i svako takvo skretanje postaje potencijalni predak budućim varijacijama. Alfred Rasel Volas, koji je nezavisno od Darvina otkrio evoluciju prirodnom selekcijom, svoj rad je nazvao „O tendencijama varijeteta da neograničeno odstupaju od originalnog tipa" („On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type").

Ako postoji „standardni zec", onda ga može biti samo u središtu zvonaste krive raspodele pravih, hitrih, skakutavih, promenljivih zečeva. Raspodela se s vremenom menja. Kako generacije prolaze, postepeno može doći trenutak koji nije jasno definisan, kada će se norma životinja koje zovemo zečevima toliko promeniti da će zaslužiti drugačije ime. Ne postoji permanentna odlika zeca ili esencija zeca koja visi na nebu; postoji samo populacija krznenih, dugouhih koprofaga, jedinki koje mrdaju brkovima i pokazuju statističku raspodelu varijacije u veličini, obliku, boji i sklonostima. Ono što je bilo na dugouhom kraju jedne raspodele, može se naći u središtu nove raspodele u kasnijem geološkom vremenu. S obzirom na to da je broj generacija dovoljno velik, može i da ne bude preklapanja između raspodela predaka i potomaka: najduže uši među precima mogu biti kraće od najkraćih ušiju potomaka. Sve teče, kako je rekao Heraklit, drugi grčki filozof; ništa nije stalno. Posle sto miliona godina, možda će biti teško poverovati da su životinjama potomcima

zečevi bili preci. Pa ipak, ni u jednoj generaciji tokom evolucionog procesa dominantni tip u populaciji nije bio mnogo udaljen od modalnog tipa u prethodnoj ili sledećoj generaciji. Ovaj način mišljenja je Mejr nazvao *populaciono mišljenje.* Populaciono mišljenje je za njega bilo antiteza esencijalizma. Po Mejru, na dolazak Darvina čekalo se tako dugo zato što je svima nama - bilo zbog grčkog uticaja ili iz nekog drugog razloga - esencijalizam utisnut u mentalni DNK.

Za um okružen platonskim svetlucanjem, zec je zec. Navođenje na pomisao da odlike zeca čini neka vrsta promenljivog oblaka statističkih proseka, ili da se današnji tipični zec možda razlikuje od tipičnog zeca od pre milion godina ili tipičnog zeca za milion godina, kao da krši nekakav unutrašnji tabu. Zaista, psiholozi koji proučavaju razvitak jezika ukazuju na to da su deca prirodni esencijalisti. Možda ona to moraju biti kako bi ostala razborita dok njihovi mozgovi u razvoju dele stvari u diskretne kategorije kojima su dodeljene jedinstvene imenice. Nije ni čudo što je, po mitu o Postanju, Adamov prvi zadatak bio da životinjama nadene imena.

I nije čudo što smo, kaže Mejr, mi, ljudi, morali da čekamo našeg Darvina sve do sredine 19. veka. Da biste sebi predočili koliko je evolucija antiesencijalistička, uzmite u obzir sledeće. Po tumačenju evolucije u skladu s populacionim mišljenjem, svaka životinja je povezana sa svakom drugom životinjom, na primer zec s leopardom, lancem prelaznih oblika koji toliko nalikuju svojim sledbenicima da bi se svaka karika, u načelu, mogla pariti sa susednim karikama u lancu i stvoriti plodno potomstvo. Ne možete narušiti esencijalistički tabu obuhvatnije od ovoga. I to nije nekakav nejasan misaoni eksperiment sveden na maštanje. Sa stanovišta evolucije, zaista postoji niz prelaznih životinjskih oblika koji povezuju zeca s leopardom. Svaki je živeo i disao. Svaki bi bio smešten tačno u istu životinjsku vrstu kao i neposredni susedi sa obe strane u dugoj, neprekidnoj traci. Zapravo, svako u nizu bio je dete svog suseda s jedne strane i roditelj suseda s druge strane, pa ipak, ceo niz čini neprekidni most od zeca do leoparda - iako, kao što ćemo kasnije videti, nikada nije postojao „zecopard“. Postoje slični mostovi od zeca do vombata, od leoparda do jastoga, od svake životinje ili biljke do bilo koje druge. Možda ste već sami zaključili zašto ovaj iznenađujući rezultat obavezno sledi iz evolucionističkog pogleda na svet, ali ipak ću ga objasniti. Nazvaću ga misaoni eksperiment sa ukosnicom.

Uzmimo bilo koju zečicu (proizvoljno sam izabrao ženke zbog pogodnosti u objašnjavanju: to nema nikakvog uticaja na sam argument).

Postavite njenu majku pored nje. Sada postavite baku pored majke i tako dalje unazad kroz vreme, unazad, unazad, unazad kroz milione godina, i napraviće se naizgled beskrajan red zečica, a svaka je između svoje kćerke i svoje majke. Hodamo duž reda zečica unazad kroz vreme, pregledajući ih pažljivo kao general na smotri. Dok koračamo redom, u jednom trenutku ćemo uočiti da se drevne zečice pored kojih prolazimo malčice razlikuju od modernih zečica koje smo navikli da vidimo. Ali, stopa promene biće tako spora da nećemo uočiti trend iz generacije u generaciju, baš kao što ne možemo primetiti kretanje male kazaljke na našim časovnicima i kao što ne možemo videti kako dete raste, jedino smo kasnije svesni da je devojčica postala tinejdžerka i, još kasnije, odrasla osoba. Dodatni razlog zbog koga ne uočavamo promenu u zečicama iz jedne generacije u drugu, jeste to što će u bilo kom veku varijacija unutar tekuće populacije biti uobičajeno veća od varijacije između majki i kćerki. Prema tome, ako pokušamo da razaznamo kretanje male kazaljke tako što ćemo upoređivati majke s kćerkama ili, čak, bake sa unukama, videćemo da će te neznatne razlike biti neuočljive naspram razlika između naših zečica i njihovih prijateljica i rođaka koje skakuću po okolnim livadama.

Uprkos tome, postojano i neprimetno doći ćemo do predaka koji sve manje i manje liče na zeca, a sve više i više na rovčiću (ali nisu previše nalik ni jednoj od te dve životinje). Jedno od ovih stvorenja nazvaću luk ukosnice iz razloga koji će biti očigledan. Ta životinja je najbliži zajednički predak (po ženskoj liniji, ali to nije važno) kojeg zečevi dele s leopardima. Mi ne znamo tačno kako je ona izgledala, ali iz evolucionog gledišta sledi da je morala postojati. Kao i sve životinje, pripadala je istoj vrsti kao njene kćerke i njena majka. Sada nastavljamo našu šetnju, samo što smo prošli lukom ukosnice i nastavljamo kretanje kroz vreme unapred, ka leopardima (i mnogim i različitim potomcima životinje ukosnice, jer stalno ćemo nailaziti na račvanja, pri čemu ćemo uvek birati ono račvanje koje će nas na kraju dovesti do leoparda). Svaku životinju nalik rovčići na našem kretanju napred kroz vreme, sada sledi njena kćerka. Sporo, neprimetno, životinje nalik rovčicama menjaće se kroz prelazne oblike koji možda ne liče mnogo ni na jednu savremenu životinju, ali su veoma nalik jedan drugom, možda dok prolaze kroz prelazni oblik koji maglovito podseća na hermelina, dok napokon, a da nikada ne primetimo nikakvu naglu promenu, ne stignemo do leoparda.

Ovaj misaoni eksperiment valja objasniti. Prvo, desilo se da smo izabrali „šetnju" od zeca do leoparda, ali, ponavljam, mogli smo da krenemo od

bodljikavog praseta do delfina, od kengura do žirafe ili od čoveka do bakalara. Poenta je to da za bilo koje dve životinje postoji putanja u obliku ukosnice koja ih povezuje, naprosto stoga što svaka vrsta deli pretka sa svakom drugom vrstom: samo treba da se krećemo unazad kroz vreme od jedne vrste do zajedničkog pretka, zatim da se okrenemo po luku ukosnice i krećemo se unapred do druge vrste.

Drugo, primetite da govorimo samo o lociranju lanca životinja koji povezuje jednu modernu životinju s drugom modernom životinjom. To sasvim nedvosmisleno nije *evoluiranje zeca* u leoparda. Pretpostavljam da bismo to mogli nazvati *de*evoluiranje natrag do ukosnice, pa potom evoluiranje odatle do leoparda. Kao što ćemo videti u kasnijem poglavlju, neophodno je, nažalost, objašnjavati iznova i iznova da moderne vrste ne evoluiraju u druge moderne vrste, nego da samo imaju zajedničke pretke: one su rođaci. Ovo je, kao što ćemo videti, ujedino i odgovor na onu uznemirujuće čestu pritužbu: „Ako su ljudi evoluirali od šimpanzi, kako to da danas još uvek ima šimpanzi?”

Treće, na našem marširanju unapred od životinje ukosnice proizvoljno smo odabrali putanju koja vodi do leoparda. Ovo je stvarna putanja evolucione istorije, ali, da ponovimo tu važnu poentu, izabrali smo da zanemarimo brojne tačke grananja od kojih smo mogli pratiti evoluciju do bezbroj drugih krajnjih tačaka - jer životinja ukosnica nije predak samo zečevima i leopardima već i velikom broju modernih sisara.

Četvrto, a to sam istakao, koliko god su korenite i obimne razlike između krajeva ukosnice - recimo, zeca i leoparda - svaki korak duž lanca koji ih povezuje veoma je, veoma mali. Svaka jedinka u lancu slična je svojim susedima u lancu onoliko koliko se očekuje da majke i kćeri budu slične. I *sličnije* su svojim susedima u lancu, što sam takođe napomenuo, nego tipičnim članovima populacije u okruženju.

Vidite kako ovaj misaoni eksperiment pronalazi velike pukotine u elegantnom grčkom hramu savršenih platonskih oblika. I možete videti da je Mejr, ukoliko je u pravu kad kaže da su ljudi duboko prožeti esencijalističkim predrasudama, možda takođe tačno odgovorio na pitanje zašto smo istorijski tako teško podneli teoriju evolucije.

Reč „esencijalizam” skovana je tek 1945. godine i Darvin nije znao za nju. Ali njemu je, takođe, bila poznata biološka verzija esencijalizma u formi „nepromenljivosti vrsta”, i mnogo napora je ulagao suprotstavljajući se tvrđenju pod tim imenom. Potpuno ćete razumeti o čemu Darvin govori u

svojim knjigama - više u drugima nego u *Postanku vrsta* - samo ukoliko odbacite moderne pretpostavke o evoluciji i setite se da su veliki deo njegove publike bili esencijalisti koji nikada nisu sumnjali u nepromenljivost vrsta. Jedno od Darvinovih najdelotvornijih oruđa u prepirkama zbog te navodne nepromenljivosti, bio je dokaz na osnovu pripitomljavanja, te je ostatak ovog poglavlja posvećen pripitomljavanju.

OBLIKOVANJE GENSKOG FONDA

Darvin je mnogo znao o odgajanju životinja i biljaka. Družio se s golubarima i vrtlarima i voleo je pse.[3] Ne samo što je Darvin celo prvo poglavlje *Postanka vrsta* posvetio gajenim varijetetima biljaka i životinja - takođe je napisao i knjigu o tome. *Varijeteti gajenih životinja i biljaka (The Variation of Animals and Plants under Domestication)* ima poglavlja o psima i mačkama, konjima i magarcima, svinjama, govedima, ovcama i kozama, zečevima, golubovima (dva poglavlja; Darvin je naročito voleo golubove), kokoškama i raznim drugim pticama i biljkama, uključujući i neverovatni kupus. Kupus je povrće koje pobija esencijalizam i nepromenljivost vrsta. Divlji kupus, *Brassica oleracea,* ne izdvaja se posebnim kvalitetima i pomalo liči na domaći kupus obrastao u korov. Za svega nekoliko vekova, vešto rukujući finim i grubim dletima, upoznati s tehnikama za selektivno uzgajanje, vrtlari su oblikovali tu neuglednu biljku u povrće čiji se varijeteti izrazito razlikuju jedan od drugog, kao i od divljih predaka, a to su brokole, karfiol, keleraba, kelj, prokelj, raštana, italijanske brokole i, naravno, razne vrste povrća koje se i dalje uobičajeno zove kupus.

Još jedan poznati primer je transformisanje vuka, *Canis lupus,* u oko dve stotine rasa pasa, *Canis familiaris,* koje priznaje Britanski kinološki klub, i još veći broj pasmina koje su međusobno genetički izolovane zbog aparthejdskih pravila o uzgajanju rasa s pedigreom.

Ispostavilo se da je divlji predak svih domaćih pripitomljenih pasa vuk i samo vuk (mada se njegovo pripitomljavanje verovatno događalo nezavisno na različitim mestima u svetu). Evolucionisti nisu uvek tako mislili. Darvin i njegovi savremenici smatrali su da pripitomljeni psi vode poreklo od nekoliko vrsta divljih pasa među kojima su vukovi i šakali. Ovo mišljenje je zastupao i austrijski etolog Konrad Lorenc, dobitnik Nobelove nagrade. U svojoj knjizi *Čovek sreće psa (Man Meets Dog),* objavljenoj 1949. godine,

Lorenc iznosi stav da domaće rase pasa spadaju u dve glavne grupe: one koje su nastale od šakala (većina) i one koje su nastale od vukova (te pasmine su Lorencu bile omiljene, a osobito čau-čau). Izgleda da Lorenc nije imao nikakav dokaz za svoju pretpostavku o dihotomiji, izuzev razlika koje je uočio u osobinama i svojstvima rasa. Pitanje je ostalo otvoreno sve dok molekularna genetika nije donela nepobitan dokaz. Danas nema nikakve sumnje. Domaći psi uopšte ne potiču od šakala. Sve rase pasa su preinačeni vukovi, a ne šakali, kojoti ili lisice.

Glavni zaključak koji sam izveo iz pripitomljavanja jeste njegova nesagledіva moć da menja oblik i ponašanje divljih životinja, kao i brzina kojom to čini. Uzgajivači su gotovo kao grnčari koji rade s beskonačno rastegljivom glinom ili vajari što vešto dletom rezbare pse ili konje ili krave ili kupus kakav im se prohte. Ubrzo ću se vratiti ovoj slici. Njena veza s prirodnom evolucijom ogleda se u istovetnosti postupka, iako je čovek taj koji odabira a ne priroda. Stoga je Darvin dao tako veliki značaj gajenju životinja i biljaka na početku *Postanka vrsta.* Svako može da razume načelo evolucije veštačkom selekcijom. Prirodna selekcija je to isto, razlika je samo u jednom manjem detalju.

Strogo govoreći, odgajivač/vajar ne rezbari telo psa ili kupusa već genski fond rase ili vrste. Zamisao o genskom fondu je temelj skupa znanja i teorije čije je ime „neodarvinistička sinteza". Darvin o tome nije znao ništa. To nije bio deo njegovog intelektualnog sveta kao što to nisu bih ni geni. On je, svakako, bio svestan toga da se osobine nasleđuju u porodicama; znao je da potomstvo nalikuje svojim roditeljima, braći i sestrama; takođe je znao da se pojedinačne osobine pasa i golubova čuvaju unutar iste rase. Nasleđivanje je bilo noseći stub njegove teorije prirodne selekcije. Ali, genski fond je nešto drugo. Koncept genskog fonda ima smisla samo u svetlu Mendelovih zakona nezavisnog izbora čestica nasleđivanja. Darvin nije znao za Mendelove zakone, jer je Gregor Mendel, austrijski kaluđer i otac genetike, iako Darvinov savremenik, objavljivao svoje radove u nemačkim časopisima koje Darvin nikada nije video.

Mendelovski gen je entitet tipa „sve ili ništa". Ono što ste primili od svog oca u trenutku začeća nije bila supstanca koja bi se pomešala sa onim što ste primili od majke, kao što se mešaju plava i crvena boja da bi se sačinila ljubičasta. Da nasleđivanje zaista tako funkcioniše (kao što se mislilo u Darvinovo vreme) svi bismo bili nekakva srednja vrednost, na pola puta između dva roditelja. U tom slučaju, sve varijacije bi brzo nestale iz

populacije (bez obzira na to koliko marljivo mešate ljubičastu boju s ljubičastom bojom, nikada od nje nećete dobiti prvobitne crvene i plave sastojke). Zapravo, svako može golim okom videti da nema takve unutrašnje tendencije koja bi smanjila broj varijeteta u populaciji. Kako je Mendel pokazao, kada se očevi geni i majčini geni kombinuju u detetu (on nije koristio reč„gen“ koja je skovana tek 1909. godine) to nije poput mešanja boja, već je sličnije mešanju karata iz špila. Danas znamo da su geni delovi DNK koda i da nisu fizički razdvojeni kao karte ali poređenje je, u načelu, valjano. Geni se ne mešaju kao boje; oni se mešaju kao karte. Mogli biste reći da se mešaju loše, zato što se grupe karata drže zajedno tokom nekoliko generacija mešanja pre nego što se zadesi slučaj da budu razdvojene.

Svaka vaša jajna ćelija (ili spermatozoid, ako ste muškarac) sadrži bilo očevu ili majčinu verziju nekog gena, a ne mešavinu dve verzije. A taj gen došao je od jednog i samo jednog od četvoro vaših predaka iz druge generacije (babe i dede); i od jednog i samo jednog od vaših osmoro prababa i pradeda.[4]

Oni s naknadnom pameću kažu da bi sve što je rečeno ionako trebalo da bude očigledno. Kada ukrstite mužjaka i ženku, očekujete da dobijete sina ili kćerku a ne hermafrodita.[5]

Naknadna pamet kaže da svako teoretski može da generalizuje isto načelo „sve ili ništa”, uopšti ga i primeni na nasleđe svake osobine. Darvin je bio začuđujuće blizu takvom uopštavanju, ali je stao na korak od uspostavljanja potpune veze. U pismu Alfred u Volasu iz 1866. napisao je sledeće:

Dragi moj Volase,

> Mislim da niste shvatili kako ja tumačim nemešanje određenih varijeteta. To se ne odnosi na plodnost; objasniću na primeru. Ukrstio sam ružičastu i ljubičastu mediteransku grahoricu, a to su varijeteti vrlo različitih boja, i dobio, čak i iz iste mahune, savršena oba varijeteta, ali nijedan mešani. Mora biti da se nešto slično dešava i s vašim leptirima... Mada su te vrste čudesnog izgleda, ne znam jesu li to išta više od svake ženke na ovome svetu koja stvara izrazito različito muško i žensko potomstvo.

Darvin je bio *tako blizu* da otkrije Mendelove zakone nemešanja gena (kako sada zovemo jedinice nasleđivanja).[6] Ovaj slučaj je sličan tvrdnji raznih ucveljenih apologeta da su drugi viktorijanski naučnici, recimo Patrik Metju i Edvard Blaj, otkrili prirodnu selekciju pre Darvina. U nekom smislu

to je tačno, kao što je i Darvin priznavao, ali smatram da dokaz govori: oni nisu razumeli koliko je *važna* prirodna selekcija. Za razliku od Darvina i Volasa, nisu je videli kao *opštu* pojavu univerzalnog značaja - koja ima moć da vodi evoluciju živih bića u pravcu napretka. Isto tako, pismo Volasu pokazuje da je Darvinu sasvim malo nedostajalo da shvati nemešajuću prirodu nasleđivanja. Ali on nije video njenu opštost, a pogotovo nije uspeo da shvati kako je to odgovor na zagonetku zašto varijacije automatski ne nestaju iz populacija. Stoga je ostavljeno naučnicima 20. veka da nadograde Mendelovo otkriće koje je bilo ispred svog vremena.[7]

Koncept genskog fonda sada dobija smisao. Populacija sa seksualnom reprodukcijom kao što su, na primer, svi pacovi na udaljenom ostrvu Asension u južnom Atlantiku, neprekidno meša sve gene pacova na ostrvu. Ni u jednoj generaciji nema suštinske tendencije da sadrži manje varijeteta nego prethodna generacija, nema tendencije ka nastajanju još dosadnije sivih, uprosečenijih prelaznih oblika. Geni ostaju očuvani i kako generacije prolaze, mešaju se u telima jedinki, ali se ne *mešaju* međusobno, nikada ne pokvare jedan drugog. U svakom trenutku geni se nalaze u telima pojedinačnih pacova ili se premeštaju u tela novih pacova pomoću polnih ćelija. Ali, ako šire sagledamo mnogo generacija, videćemo sve gene pacova na ostrvu koji se mešaju kao karte u dobro izmešanom špilu: - jednom jedinstvenom genskom fondu.

Nagađam da je genski fond na malom izolovanom ostrvu kao što je Asension nezavisan i dobro promešan, tako da su bliži preci bilo kog pacova mogli živeti bilo gde na ostrvu ali ne i van ostrva, ne računajući povremene slepe putnike na brodovima. Ali bi zato genski fond pacova na velikoj kontinentalnoj masi kao što je Evroazija bio mnogo složeniji. Pacov koji živi u Madridu nasleđivao bi većinu svojih gena od predaka koji žive na zapadnom kraju evroazijskog kontinenta, a ne u Mongoliji ili Sibiru, i ne zbog određenih prepreka za protok gena (mada i one postoje) nego zbog velikih udaljenosti. Potrebno je vreme da bi se seksualnom reprodukcijom mešali geni s dve strane kontinenta. Čak i ako nema fizičkih prepreka u vidu reka ili planinskih masiva, geni bi i dalje sporo proticali kroz toliko velika kopnena prostranstva pa se za genski fond ne bi moglo reći da je „viskozan“. Pacov koji živi u Vladivostoku nasledio bi većinu svojih gena od predaka na istoku. Evroazijski genski fond bio bi promešan kao na ostrvu Asension, ali zbog velikih udaljenosti ne bi bio homogeno promešan. Pored toga, delimične prepreke kao što su planinski masivi, velike reke ili pustinje bile bi

dodatna smetnja homogenom mešanju, pa bi tako uticale na strukturu genskog fonda i učinile ga složenijim. Te komplikacije ne obezvređuju ideju o genskom fondu. Savršeno promešan genski fond je korisna apstrakcija kao i matematička apstrakcija savršeno prave linije. Stvarni genski fondovi, čak i na malim ostrvima kao što je Asension, nesavršene su aproksimacije, samo delimično izmešani. Što god je ostrvo manje i slabije razuđeno, bolja je aproksimacija apstraktne ideje o savršeno promešanom genskom fondu.

Da zaokružimo razmatranje o genskim fondovima napomenom da je svaka životinja koju vidimo u populaciji *uzorak* genskog fonda svog vremena (ili preciznije, vremena u kome su živeli njeni roditelji). U genskim fondovima nema nikakve tendencije da se poveća ili smanji učestalost određenih gena. Ali kada ima sistematskog povećavanja ili smanjivanja učestalosti određenog gena u genskom fondu, onda je upravo to pojava koju zovemo evolucija. Prema tome, postavlja se pitanje: *zašto* se sistematski povećava ili smanjuje učestalost gena? Naravno, upravo ovde priča dobija zanimljiv tok pa ćemo se uskoro vratiti na ovu temu.

Smešne stvari događaju se s genskim fondovima domaćih pasa. Odgajivači rasnih pekinezera ili dalmatinera preduzimaju sve mere kako bi sprečili da geni prelaze iz jednog genskog fonda u drugi. Brižljivo se vode rodovnici, mnogo generacija unazad, a mešanje rasa je najgore što se može desiti u rodovniku odgajivača rasnih pasa. Kao da je svaka pasmina utamničena na svom malom ostrvu Asension, izolovana od ostalih rasa. Ali prepreka za ukrštanje rasa nije modri okean nego pravila koja je postavio čovek. Geografski, sve rase se preklapaju, ali one isto tako mogu biti i na zasebnim ostrvima zbog načina na koji njihovi vlasnici kontrolišu parenje. Naravno, s vremena na vreme pravila se prekrše. Poput pacova koji se kao slepi putnik ukrca na brod za ostrvo Asension, kuja hrta, recimo, spari se s prepeličarom. Ali mešanci koji nastaju iz takvog spoja, koliko god bili voljeni kao jedinke, izbačeni su sa ostrva čistokrvnih hrtova. Ostrvo ostaje kao čisto hrtovsko ostrvo. Drugi čistokrvni hrtovi obezbeđuju da genski fond virtualnog ostrva Hrt ostane nezagađen. Na stotine je takvih „ostrva" koja je napravio čovek, po jedno za svaku rasu pasa s pedigreom. Svako ostrvo je virtualno, što znači da nema geografsku lokaciju. Rasnih hrtova ili pomeranaca ima na mnogo različitih mesta širom sveta, a automobilima, brodovima i avionima prevoze se geni s jednog geografskog mesta na drugo. Virtualno genetičko ostrvo koje predstavlja genski fond pekinezera preklapa se geografski, ali ne i genetički (osim kada kuja provali iz svoje kućice za

pse), s virtualnim genetičkim ostrvom koje predstavlja genski fond boksera i virtualnim ostrvom genskog fonda bernardinaca.

Vratimo se sada primedbi kojom sam započeo razmatranje genskih fondova. Ukoliko odgajivače posmatramo kao vajare, ono što oni rezbare svojim dletima nisu psi od krvi i mesa već genski fondovi. Samo se čini da su to psi jer odgajivač može obznaniti nameru da skrati njušku budućim generacijama boksera. Krajnji rezultat takve namere zaista bi bila kraća njuška, kao da je dletom obrađena glava pretka. Ali, kao što smo videli, tipičan bokser u bilo kojoj generaciji uzorak je iz savremenog genskog fonda. Genski fond je tokom godina rezbaren i deljan. Geni za duge njuške su izdeljani iz genskog fonda i zamenjeni genima za kratke njuške. Svaka rasa pasa, od jazavičara do dalmatinera, od boksera do ruskog hrta, od pudlice do pekinezera, od nemačke doge do čivave, rezbarena je, deljana, mešana, oblikovana, ne doslovno kao kosti i meso, već unutar svog genskog fonda.

Nije sve u rezanju. Mnoge od naših poznatih pasmina nastale su kao hibridi drugih pasmina, najčešće ne tako davno, na primer u 19. veku. Hibridizacija, naravno, predstavlja namerno narušavanje izolacije genskih fondova na virtualnim ostrvima. Neke sheme hibridizacije su tako dobro osmišljene da bi se odgajivači uvredili kada bi se o njihovim proizvodima govorilo kao o mešancima ili džukcima (kako je američki predsednik Obama u šali opisao sebe).„Labradudla“ je hibrid između standardne pudle i retrivera-labradora, rezultat pažljivo sprovedene potrage za najboljim osobinama obe pasmine. Vlasnici labradudli imaju svoja društva i udruženja isto kao vlasnici čistokrvnih pasminu. Dve su škole mišljenja među ljubiteljima labradudli i drugih takvih hibrida. Ima onih koji su zadovoljni time što se labradudle dobijaju parenjem pudli i labradora. A ima i onih koji pokušavaju da uspostave novi genski fond labradudli koji će davati čistu rasu kada se labradudle pare međusobno. Trenutno, druga generacija gena labradudli se rekombinuje i daje više varijeteta nego što se očekuje od čistokrvnih pasmina. Na ovaj način nastale su mnoge „čiste” rase: prošle su kroz međufaze s velikim brojem varijacija koje su postepeno smanjene kroz čitave generacije pažljivog uzgoja.

Ponekad, nove rase pasa nastaju usvajanjem samo jedne krupne mutacije. Mutacije su slučajne promene u genima koje čine gradivni materijal za evoluciju neslučajnom selekcijom. U prirodi, velike mutacije retko opstaju, ali genetičari ih vole u laboratoriji jer ih je jednostavno proučavati. Rase pasa s veoma kratkim nogama poput lisičara i jazavičara, stekle su tu odliku u

jednom koraku pomoću genetičke mutacije koja se naziva ahondroplazija. To je klasičan primer velike mutacije koja bi imala slabe šanse da opstane u prirodi. Slična mutacija odgovorna je za najčešću vrstu patuljastog rasta kod ljudi: trup je skoro normalne veličine ali su ruke i noge kratke. Druge genetičke putanje proizvode minijaturne pasmine koje zadržavaju proporcije originala. Odgajivači pasa mogu da postignu promene u veličini i obliku birajući kombinacije nekoliko velikih mutacija kao što je ahondroplazija i mnogo manjih mutacija. Oni ne moraju razumeti genetiku kako bi uspešno izveli takve promene. Bez ikakvog znanja, samo birajući ko će se s kim pariti, možete odgajanjem dobiti svakovrsne željene osobine. To je ono što su odgajivači pasa, i odgajivači životinja i biljaka uopšte, postizali vekovima pre nego što je bilo ko išta znao o genetici. U tome je i pouka u vezi s prirodnom selekcijom jer priroda, naravno, nema sopstvenih spoznaja niti svesti ni o čemu.

Američki zoolog Rejmond Kopindžer ističe da su štenci različitih rasa međusobno mnogo sličniji nego odrasli psi. Mladunci ne mogu biti mnogo različiti jer je njihov glavni zadatak da sisaju, a sisanje predstavlja praktično isti izazov za sve rase. Da bi uspešno sisalo, štene ne može imati dugačku njušku kao ruski hrt ili retriver. Zato svi štenci liče na mopsove.[8] Moglo bi se reći da je odrasli mops zapravo štene čija njuška nije valjano izrasla. Većini pasa, nakon što pređu na čvrstu hranu, izraste relativno duža njuška. To se ne događa mopsovima, buldozima i pekinezerima; rastu njihovi ostali delovi, dok im njuška ostaje kao u šteneta. Stručni izraz za ovu pojavu je *neotenija*, a s njom ćemo se ponovo sresti kada stignemo do evolucije čoveka, u poglavlju 7.

Ako svi delovi tela životinje rastu istom brzinom tako da je odrasla jedinka samo ravnomerno uvećana replika mladunčeta, kažemo da je rast izometrijski. Izometrijski rast je veoma redak. Nasuprot tome, prilikom alometrijskog rasta različiti delovi rastu različitim brzinama. Brzine rasta različitih delova životinje često imaju jednostavnu matematičku zavisnost, a taj je fenomen posebno istraživao ser Džulijan Haksli, tridesetih godina prošlog veka. Različite rase pasa dok rastu postižu različite oblike zahvaljujući genima koji menjaju odnose alometrijskog rasta između delova tela. Buldozi, na primer, poprimaju svoju čerčilovsku namrgođenost zbog genetičke sklonosti ka sporijem rastu nazalnih kostiju. To ima indirektnih posledica na relativni rast okolnih kostiju i na sva okolna tkiva. Jedna od tih indirektnih posledica je i čudan položaj nepca usled čega buldogu štrče zubi i

iz usta mu curi pljuvačka. Buldozi takođe imaju teškoće s disanjem, kao i pekinezeri. Ženka buldoga se čak teško i porađa jer je glava mladunčeta nesrazmerno velika. Većina buldoga, ako ne i svi koje vidite, došli su na svet carskim rezom.

Na suprotnom kraju su ruski hrtovi. Oni imaju izuzetno duge njuške. Zapravo, oni su neobični po tome što njuška počinje da im se izdužuje pre rođenja, zbog čega mladunci ruskih hrtova verovatno slabije sisaju nego druge rase. Kopindžer pretpostavlja kako je želja odgajivača da dobiju ruske hrtove s dugim njuškama dostigla granicu i preko nje se ne može jer mladunci ne bi preživeli period sisanja.

Koje smo lekcije naučili iz odgajivanja pasa? Prvo, ogroman broj varijeteta među pasminama - od nemačke doge do jorkširskog terijera, od škotskog do estetskog terijera, od ridžbeka do jazavičara, od hrta do bernardinca pokazuje kako je lako da se neslučajnom selekcijom gena („rezbarenjem i deljanjem" genskog fonda) tako brzo proizvedu uistinu dramatične promene anatomije i ponašanja. Tim procesom može da bude obuhvaćeno iznenađujuće malo gena. Ipak, promene su tako velike - a razlike između rasa tako dramatične - da biste mogli pomisliti kako je njihova evolucija trajala milionima godina a ne par vekova. Ako se tako velika evoluciona promena može postići za samo nekoliko vekova ili čak decenija, zamislite šta bi se moglo postići za deset ili sto miliona godina.

Posmatrajući ovaj proces tokom vekova, nije puka iluzija da su odgajivači zgrabili telo psa kao da je ono glina za modeliranje i sabijali ga, razvlačili, mesili, oblikujući ga manje ili više po želji. Kao što sam već istakao, naravno da nismo oblikovali telo psa već pseće genske fondove. A „rezbarenje" je bolja metafora nego „mešenje". Pojedini vajari uzmu grumen gline i oblikuju je mešenjem. Drugi uzmu kamen ili komad drveta i rezbare ga, *odstranjujući* delove dletom. Očigledno je da odgajivači ne oblikuju pse tako što odstranjuju delove psećeg tela. Ono što rade slično je rezbarenju psećih genskih fondova odbacivanjem delova. Postupak je ipak komplikovaniji od običnog odbacivanja delova. Mikelanđelo je od bloka mermera uklanjao delove kako bi otkrio Davida koji se skrivao unutra. Ništa nije dodato. Na drugoj strani, genskim fondovima se neprestano dodaje, na primer mutacijom, dok se u isto vreme oduzima neslučajnom smrću. Analogija s vajarom ovde prestaje i ne treba je previše nametati, što ćemo i videti u poglavlju 8.

Ova ideja s vajarom priziva u sećanje preterano mišićava tela bodibildera

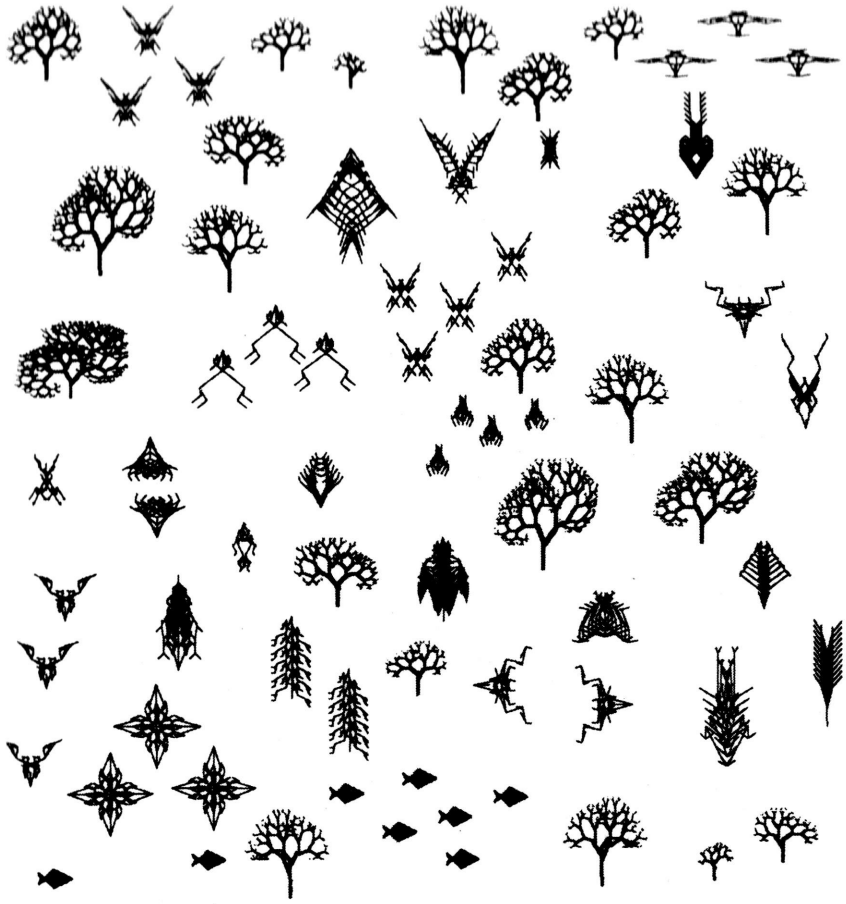
i njihove životinjske ekvivalente kao što je rasa belgijsko plavo goveče. Ova šetajuća fabrika mišića napravljena je naročitom genetičkom promenom koja je nazvana „dvostruka mišićavost" Postoji protein miostatin koji ograničava rast mišića. Ako je gen koji proizvodi miostatin neaktivan, mišići rastu više nego što je uobičajeno. Često dati gen može da mutira na više načina koji daju isti ishod i zaista se gen za proizvodnju miostatina može svakojako isključiti sa istim efektom. Još jedan primer je rasa svinja po imenu „crne egzotične", a ima i pojedinih pasa različitih rasa koji imaju naglašenu muskulaturu iz istog razloga. Bodi-bilderi dobijaju sličnu muskulaturu ekstremnim režimom vežbanja i često upotrebom anaboličkih steroida: u oba slučaja reč je o promenama u životnom okruženju koje podražavaju belgijsko plavo goveče i egzotične svinje. Rezultat je isti i to je samo po sebi pouka. Genetičke promene i promene u životnoj sredini mogu proizvesti identične ishode. Ukoliko želite da gajite dete koje će pobediti na takmičenju u bodi-bildingu i imate na raspolaganju nekoliko vekova, mogli biste početi genetičkim manipulacijama tako što ćete inženjeringom da dobijete isti onaj nakazni gen svojstven belgijskom plavom govečetu i crnoj egzotičnoj svinji. U stvari, zna se da neki ljudi imaju deleciju gena za miostatin i oni imaju sklonost da budu nenormalno mišićavi. Ako biste počeli s detetom koje je mutant i još se pobrinete da diže tegove (verovatno se goveda i svinje na to ne mogu nagovoriti), po svoj prilici dobili biste nešto što je još grotesknije od Mister univerzuma.

Političko protivljenje eugeničkom odgajanju ljudi ponekad prelazi u skoro sigurno pogrešnu tvrdnju da je tako nešto nemoguće. Možda ste čuli da se kaže kako je to ne samo nemoralno već i neizvodljivo. Nažalost, reći da je nešto moralno pogrešno ili politički nepoželjno, nije isto što i tvrditi da je to neostvarivo. Uopšte ne sumnjam da biste, ako se na to usredsredite i imate dovoljno vremena i dovoljno političke moći, mogli odgojiti rasu superiornih bodi-bildera ili skakača uvis ili bacača kugle; skupljača bisera, sumo-rvača ili sprintera; ili (ovo samo pretpostavljam ali nisam tako siguran jer nema presedana među životinjama) superiorne muzičare, pesnike, matematičare ili degustatore vina. Siguran sam u mogućnost selektivnog odgoja za atletske veštine zato što su neophodne osobine toliko slične onim koje se očigledno dobijaju prilikom odgajanja trkačkih konja ili teglećih konja, hrtova i pasa koji vuku saonice. Prilično sam siguran da je praktično izvodljiv (mada ne i moralno ili politički poželjan) selektivni odgoj mentalnih ili nekih drugih osobina svojstvenih samo čoveku, zato što ima vrlo malo primera da nije

uspeo pokušaj selektivnog odgajanja kod životinja čak i kad su u pitanju osobine koje bi mogle biti iznenađujuće. Ko bi ikad pomislio, na primer, da bi gajenjem psi mogli dobiti veštine za čuvanje ovaca, za „markiranje" u lovu ili za borbu s bikovima?

Želite da krave daju mnogo mleka, nekoliko redova veličine više nego što majci treba da bi dojila svoje mladunce? To može obezbediti selektivno uzgajanje. Krave mogu biti izmenjene tako da im izraste veliko i nezgrapno vime koje nastavlja da daje obilne količine mleka neograničeno, mnogo vremena nakon što tele prestane da sisa. Kobile se ne odgajaju na ovakav način, ali bi li se iko smeo opkladiti sa mnom da ne bismo isto to mogli da uradimo s kobilama ukoliko bismo pokušali? Naravno, isto bi važilo i za žene, ako bi to neko želeo da proba. Previše žena prevarenih mitom da su grudi velike kao dinje atraktivne, plaćaju hirurzima ogromne sume novca da im ugrade silikone, a rezultati su, po mom mišljenju, neprivlačni. Da li neko sumnja kako bi se, pod uslovom da prođe dovoljan broj generacija, ista deformacija mogla postići selektivnim odgojem, kao kod frizijskih krava?

Pre oko 25 godina razvio sam kompjutersku simulaciju da bih ilustrovao snagu veštačke selekcije: to je bila kompjuterska igra u kojoj je cilj ekvivalentan gajenju ruža ili pasa ili goveda. Igrač na ekranu vidi niz od devet oblika - „kompjuterskih biomorfa" - pri čemu je središnji „roditelj" preostalih osam koji ga okružuju. Svi ovi oblici nastali su pod uticajem desetak „gena" a to su brojevi koji se prenose s „roditelja" na „potomstvo", s mogućnošću malih „mutacija" tokom prenošenja. Mutacija je samo malo povećanje ili smanjenje brojčane vrednosti roditeljskog gena. Svaki oblik odraz je određenog skupa brojeva, što su zapravo vrednosti tih desetak gena. Igrač gleda niz od devet oblika i ne vidi gene već bira „oblik" tela koji želi da odgaja. Ostalih osam biomorfa nestaju sa ekrana, izabrani se smešta u središte, i iz njega se „izlegne" osmoro nove „dece" - mutanata. Postupak se ponavlja za onoliko „generacija" koliko igrač ima vremena, a prosečan oblik „organizma" na ekranu postepeno „evoluira" kako se smenjuju generacije. S generacije na generaciju prenose se samo geni, pa tako direktno birajući biomorfe očima, igrač nenamerno bira gene. Isto to se događa kada odgajivači biraju pse ili ruže da bi ih uzgajali.



Biomorfi iz programa „Slepi časovničar“

Toliko o genetici. Igra počinje da biva zanimljiva kad se dohvatimo „embriologije”. Embriologija biomorfa na ekranu je proces u kome njegovi geni - to su one numeričke vrednosti - utiču na njegov oblik. Možete zamisliti mnogo različitih embriologija a ja sam isprobao samo nekoliko. Moj prvi program, *Slepi časovničar,* koristi embriologiju rasta drveta. Iz glavnog „stabla” rastu dve „grane”, potom iz svake grane rastu dve nove grane i tako dalje. Broj grana, njihovi uglovi i dužine, genetički su kontrolisani, određeni numeričkim vrednostima gena. Važno svojstvo embriologije grananja drveta jeste *rekurzivnost.* Ne bih se ovde time detaljnije bavio, ali to znači da pojedinačna mutacija obično izazove efekat na celom drvetu, a ne samo na jednom njego vam delu.

Iako program „Slepi časovničar” počinje embriologijom rasta običnog drveta koje se grana, brzo prerasta u čudesnu zemlju evoluiranih oblika. Mnogi od njih su neobično lepi, dok drugi - zavisno od namera čoveka koji igra ovu igru - podsećaju na poznata stvorenja kao što su insekti, pauci ili morske zvezde. Slika s prethodne strane prikazuje „safari park” stvorenja, a

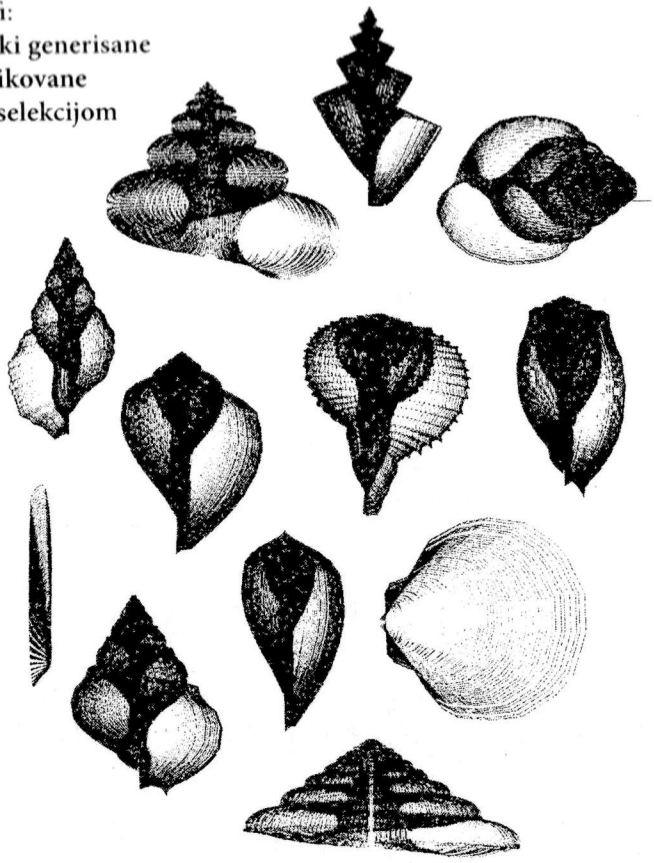
na stazama i bogazama ove kompjuterske zemlje čuda našao se samo jedan igrač (to sam bio ja). U kasnijoj verziji programa proširio sam embriologiju kako bi geni kontrolisali boju i oblik grana drveta.

Složeniji program, „Artromorfi", koji sam napisao s Tedom Kelerom, tada programerom firme Apple Computer, oličava „embriologiju" s nekim zanimljivim biološkim svojstvima posebno podešenim za gajenje „insekata", „pauka", „stonoga" i drugih stvorenja koja podsećaju na zglavkare. Artromorfe sam detaljno objasnio, zajedno s biomorfima, končomorfima (kompjuterskim mekušcima) i drugim programima na ovu temu, u knjizi *Uspon Planinom neverovatnosti.*

Matematika embriologije školjki je dobro proučena, pa je veštačka selekcija pomoću mog programa „Končomorf" kadra da stvara oblike koji neverovatno podsećaju na živa bića (vidi naspramnu stranu). Vratiću se na ove programe kako bih izveo potpuno drugačiji zaključak u završnom poglavlju. Ovde sam ih opisao da bih ilustrovao moć veštačke selekcije čak i u krajnje pojednostavljenom kompjuterskom okruženju. U stvarnom svetu poljoprivrede i hortikulture, svetu golubara i odgajivača pasa, veštačkom selekcijom može se postići mnogo više. Biomorfima, artromorfima i končomorfima samo ilustrujem princip, na isti način na koji ću u sledećem poglavlju na osnovu veštačke selekcije ilustrovati princip koji je u osnovi prirodne selekcije.

O snazi veštačke selekcije Darvin je imao iskustva iz prve ruke i namenio joj je dostojno mesto u poglavlju 1 *Postanka vrsta.* Time je smekšao svoje čitaoce i pripremio ih za svoje veliko otkriće - snagu prirodne selekcije. Ako odgajivači mogu da pretvore vuka u pekinezera ili divlji kupus u karfiol za samo nekoliko vekova ili milenijuma, zašto se ne bi isto desilo u neslučajnom preživljavanju divljih životinja i biljaka tokom miliona godina? To će biti zaključak sledećeg poglavlja; ali moja strategija biće da prvo nastavim proces omekšavanja, da olakšam prolaz ka razumevanju prirodne selekcije.

Končomorfi:
kompjuterski generisane
školjke, oblikovane
veštačkom selekcijom



POGLAVLJE 3

STAZAMA UŽIVANJA DO MAKRO EVOLUCIJE

U poglavlju 2 pokazali smo kako je ljudsko oko vodilo selektivno odgajanje kroz mnogo generacija i izvajale i oblikovalo telo psa tako da poprimi čudnu raznolikost forme, boja, veličina i obrazaca ponašanja. Ali, mi, ljudi navikli smo da svesno i planski biramo. Ima li drugih životinja koje čine isto što i ljudi odgajivači, možda nesvesno, bez namere, ali sa sličnim rezultatima? Ima, i zahvaljujući njima ostvarujem nameru da u ovoj knjizi napredujemo lagano ali postojano. U ovom poglavlju prepustićemo se postepenom zavođenju uma dok prelazimo s poznate teritorije odgajanja pasa i veštačke selekcije na Darvinovo veliko otkriće prirodne selekcije, preko nekoliko živopisnih prelaznih faza. Prvi od tih međukoraka na putu zavođenja (da li je preterano nazvati ga stazom uživanja?) vodi nas do medenog sveta cvetova.

Divlje ruže su prijatni, mali cvetovi, lepuškasti, ali ne toliko da biste o njima pisali naširoko kao, recimo, o plemenitim sortama po imenu „mir", „ljupka dama" ili „Ofelija". Divlje ruže imaju delikatnu aromu koja se nepogrešivo prepoznaje ali ne omamljuje kao sorte „dan sećanja", „Elizabet Harknes" ili „mirisni oblak". Ljudsko oko i ljudski nos bavili su se divljim ružama, povećavajući ih i oblikujući, udvostručujući im broj latica, bojeći ih, usavršavajući im cvet, snažeći prirodnu aromu do opojnih razmera, podešavajući im rast, i naposletku su ih ubacili u sofisticirane programe hibridizacije tako da danas, nakon decenija veštog selektivnog odgajanja, ima

na stotine plemenitih sorti, svaka s prigodnim imenom koje budi uspomene. Koja žena ne bi poželela da po njoj nazovu ružu?

INSEKTI BEHU PRVI ODGAJIVAČI

Ruže kazuju istu priču kao i psi, ali s jednom razlikom koja je značajna za našu strategiju laganog napredovanja. Svet ruža, čak i pre nego što su se ljudske oči i nosevi upustili u genetičko rezbarenje, postoji zato što je slično oblikovan očima i nosevima insekata (dobro, antenama kojima insekti osećaju miris) koje je trajalo milionima godina. Isto se događalo i s cvećem koje ulepšava naše vrtove.

Suncokret (lat. *Helianthus annuus),* severnoamerička je biljka čije divlje forme izgledaju kao lepa kata ili veliki krasuljak. Današnji uzgojeni suncokreti menjani su sve dok njihovi cvetovi nisu dostigli veličinu tanjira za ručavanje.[9] „Mamutski" suncokreti, prvobitno odgajani u Rusiji, visoki su 4-5 metara, a prečnik glave je približno 30 cm, preko deset puta veći od diska divljeg suncokreta, pri čemu je na stabljici obično samo jedna glava, a ne mnogo manjih cvetova kao u divlje biljke. Uzgred, Rusi su počeli da uzgajaju ovaj američki cvet iz religioznih pobuda. Pravoslavna crkva zabranila je kuvanje na ulju u vreme uskršnjeg i božićnog posta iz razloga u koji se ja - nenaučen mudrostima teologije - i ne usuđujem da proniknem, ali je ulje iz semena suncokreta izuzeto iz ove zabrane.[10] Tako je ekonomski pritisak pokrenuo skorašnje selektivno uzgajanje suncokreta. Međutim, mnogo pre moderne ere, američki starosedeoci uzgajali su to hranljivo i zanosno cveće kako bi ga koristili u ishrani, bojenju i ukrašavanju. Tako su stvorili biljku sa osobinama koje su na pola puta između divljih suncokreta i ekstravagantnih ekstremnih oblika, dela modernih poljoprivrednika. Ali, i pre toga, suncokreti, kao i sve cveće jarkih boja, opstalo je zato što su ga insekti selektivno odgajali.

Prethodna tvrdnja je tačna za većinu cveća koje znamo - a to je verovatno sve cveće koje nije zeleno i koje miriše drugačije od običnog bilja. Nisu sve uradili insekti - oprašivači koji su započeli selektivno odgajanje nekih cvetova bili su kolibri, slepi miševi, pa čak i žabe - ali je princip isti. Baštensko cveće su dodatno poboljšali ljudi, ali divlje cveće od kog smo krenuli privuklo nam je pažnju samo zato što su ga insekti i drugi uzročnici selekcije odgajali pre nas. Generacije drevnih insekata ili kolibrija, ili drugih

prirodnih oprašivača birale su generacije drevnih cvetova. To je savršen primer selektivnog odgajanja, uz malu razliku - odgajivači su bili insekti i kolibri, a ne ljudi. Barem ja mislim da je ta razlika mala. Vi možda ne mislite, pa ću još malo pojednostaviti priču.

Šta bi nas moglo dovesti u iskušenje da pomislimo kako je razlika velika? Ljudi *svesno* reše da odgajaju, na primer, najtamniju, najzagasitiju ljubičastu ružu i to rade da bi zadovoljili estetski poriv ili zato što misle da će drugi ljudi platiti za takvu ružu. Insekti ne odgajaju zbog estetskih razloga već zbog... ovde bi trebalo da se vratimo korak unazad i da celovito sagledamo odnose između cvetova i njihovih oprašivača. Evo osnova. Iz razloga u koje sada neću ulaziti, suština seksualne reprodukcije jeste da ne bi trebalo oploditi sebe. Ako to ipak učinite, bez obzira na sve, onda seksualna reprodukcija sama po sebi ima malo smisla. Polen se nekako mora preneti s jedne biljke na drugu. Hermafroditske biljke koje imaju muške i ženske delove u jednom cvetu često brižljivo sprečavaju mušku polovinu da oplodi žensku polovinu. Darvin je proučavao dovitljiv način pomoću koga se ovo postiže kod jagorčevine.

Ako pođemo od toga da je neophodna unakrsna oplodnja, pitamo se kako cvetovi uspevaju da premeste polen preko fizičke praznine koja ih razdvaja od drugih cvetova iste vrste? Očigledno sredstvo je vetar, i mnogo biljaka ga koristi. Polen je sitan i lagan prah. Ukoliko biljke oslobađaju mnogo polena po vetrovitom danu, jedno ili dva zrnca možda će imati sreću da se prizemlje na pravo mesto na cvetu prave vrste. Ali, zaprašivanje vetrom je rasipno. Treba proizvesti mnogo suvišnog polena, što dobro znaju oni koji pate od polenske groznice. Najveći broj zrnaca polena neće pasti tamo gde bi trebalo, pa su sva ta energija i skupoceni *materijal* proćerdani. Postoji mnogo neposredniji način na koji se polenom može nanišaniti meta.

Zašto biljke ne bi činile isto što i životinje pa hodale okolo tražeći drugu biljku iste vrste kako bi s njom polno opštile? Na to pitanje je teže odgovoriti nego što biste pomislili. Istaći da biljke ne hodaju, bio bi samo kružni argument, ali mislim da ćemo za sada morati tako da postupimo.[11] Tačno je, biljke ne hodaju. Ali, životinje hodaju. I, životinje lete i imaju nervne sisteme kadre da ih navode ka odgovarajućim ciljevima dok tragaju za oblicima i bojama. Dakle, kada bi se samo životinja mogla ubediti da se pospe polenom i potom hoda ili, još bolje, odleti do druge biljke odgovarajuće vrste...

Odgovor nije tajna: upravo se događa ono što smo opisali. Priča je u nekim slučajevima složena, a u svakom slučaju fascinantna. Mnogi cvetovi

koriste hranu, pogotovo nektar, kao mito. Možda je mito prejaka reč. Da li vam se više dopada „nadoknada za pružene usluge”? Meni odgovaraju oba izraza dok god ih ne protumačimo pogrešno, to jest kako ljudima odgovara. Nektar je šećerni sirup i biljke ga proizvode naročito i samo zbog toga da bi platile pčele, leptire, kolibrije, slepe miševe i druga iznajmljena prevozna sredstva i snabdele ih gorivom. Skupo je proizvesti nektar jer se na njega troši značajan deo Sunčeve energije koju sakupljaju listovi, solarni paneli biljaka. Sa stanovišta pčela i kolibrija, nektar je visokoenergetsko avionsko gorivo. Energija iz šećera nektara mogla bi se iskoristiti negde drugde u ekonomiji biljke, možda za izgradnju korena, ili za ispunjavanje podzemnih magacina koje zovemo krtole i lukovice ili čak za pravljenje mnogo polena koji bi vetar raznosio na sve četiri strane sveta. Očigledno, velikom broju biljnih vrsta koristan je ustupak plaćanje insekata i ptica za rad njihovih krila i snabdevanje njihovih „letačkih” mišića gorivom u vidu šećera. To ipak nije posve nadmoćna prednost jer neke biljke koriste i oprašivanje vetrom, možda baš zbog uravnoteženja sopstvene ekonomije. Biljke imaju energetsku ekonomiju pa, kao i u svakoj ekonomiji, kompromisi mogu biti u korist različitih mogućnosti pod različitim okolnostima. Uzgred, to je važna lekcija iz evolucije. Različite vrste obavljaju pojedine poslove na različite načine i mi često ne shvatamo te razlike sve dok ne istražimo celokupnu ekonomiju vrste.

Ako je oprašivanje vetrom na jednom kraju spektra tehnika unakrsne oplodnje - hoćemo li taj kraj nazvati raskalašnim? - šta se nalazi na drugom kraju, onom s „magičnim metkom”. Veoma je malo insekata u koje se možete pouzdati da lete poput magičnog metka, pravo od cveta gde su pokupili polen do drugog cveta iste vrste. Neki samo odu na bilo koji cvet ili, moguće je, na bilo koji cvet prave boje i stvar je slučajnosti hoće li se desiti da to bude cvet iste one vrste koja je platila nektarom. Ipak, ima nekoliko ljupkih primera cvetova koji su veoma blizu kraju spektra s magičnim metkom. U vrhu spiska su orhideje i ne čudi što im je Darvin posvetio celu knjigu.

I Darvin i Volas, drugi pronalazač prirodne selekcije, skrenuli su pažnju na zadivljujuću orhideju s Madagaskara, *Angraecum sesquipedale* (strana 4 u boji). Obojica su izneli isto, važno predviđanje, koje je kasnije pobedonosno potvrđeno. Ova orhideja ima cevaste nektare čija je dubina skoro 30 cm po Darvinovom merenju. Srodna vrsta, *Angraecum longicalcar,* ima nektarske bodlje koje su duže i dostižu i do 40 cm. Samo na osnovu toga što je *A.*

sesquipedale izrazito rasprostranjena na Madagaskaru, Darvin je u knjizi o orhidejama iz 1862. godine, pretpostavio da mora biti „moljaca koji mogu da se ispruže na dužinu između 10 i 11 inča". Pet godina kasnije, Volas je (ne zna se da li je čitao Darvinovu knjigu) pomenuo nekoliko vrsta moljaca koji sisaljkama samo što ne dosegnu nektar u cvetovima orhideja.

> Pažljivo sam merio sisaljke jedinke *Macrosila cluentius* iz Južne Amerike iz zbirke Britanskog muzeja, i ustanovio da su dugačke 9 inča i četvrt! Sisaljke jedne jedinke iz tropske Afrike *(Macrosila moralni!)* dugačke su 7,5 inča. Vrste moljaca sa sisaljkama 2 ili 3 inča dužim, mogle bi da dosegnu nektar u najvećim cvetovima *Angraecum sesquipedale,* čije su nektarije dugačke od 10 do 14 inča. Da takav moljac postoji na Madagaskara, može se sa sigurnošću pretpostaviti; a prirodnjaci koji posete to ostrvo trebalo bi da traže takve moljce sa istim onim uverenjem s kojim su astronomi tražili planetu Neptun - i biće jednako uspešni.

Godine 1903, nakon Darvinove smrti, ali za života Volasa, pronađena je do tada nepoznata vrsta moljca za koju se ispostavilo da ispunjava Darvin-Volasovo predviđanje pa je baš kako i valja počastvovana tako što je imenu dodata reč *praedicta.* Ali, čak ni *Xanthopan morgani praedicta,* Darvinova „veštica", nije dovoljno obdarena da opraši *Longicalcara,* pa nas postojanje ovog cveta ohrabruje da pretpostavimo kako ima vrsta moljca s još dužom sisaljkom a u tu pretpostavku verujemo isto koliko i Volas kad se pozivao na predviđeno otkriće planete Neptun. Uzgred, ovaj mali primer razotkriva tvrdnju da evoluciona nauka ne može biti prediktivna jer se bavi događajima iz prošlosti. Darvin-Volasova predviđanja bila su savršeno valjana iako je moljac *praedicta* morao postojati pre nego što su ih oni izrekli. Oni su predvideli da će u jednom trenutku neko otkriti moljca sa sisaljkom koja je dovoljno dugačka da dosegne nektar u biljci *A. sesquipedale.*

Insekti imaju dobar kolorni vid, ali su boje koje vide pomerene ka ultraljubičastom delu spektru i udaljene od crvenog dela spektra. Kao i mi, oni vide žutu, zelenu, plavu i ljubičastu boju. Za razliku od nas, oni takođe vide i dobar deo ultraljubičastog opsega. Insekti ne vide crvenu boju na „našem" kraju spektra. Ako u vrtu imate crvene cevaste cvetove, po svoj prilici - mada to nije i sigurno predviđanje - njih u divljini ne oprašuju insekti nego ptice koje vide crveni deo spektra - možda kolibri ukoliko je reč o biljci iz Novog sveta, ili ptice nektarice ako je biljka iz Starog sveta. Cvetovi koji nama izgledaju sasvim obično, možda su, zapravo, raskošno ukrašeni

tačkama i prugama zbog insekata, a takve ukrase mi ne vidimo zato što smo slepi za ultraljubičastu svetlost. Mnogi cvetovi navode pčele u polju malim putokazima nacrtanim po njima ultraljubičastim pigmentima nevidljivim ljudskom oku.

Noćurak (lat. *Oenothera)* nama izgleda žut. Ali, fotografija snimljena sa ultraljubičastim hitrom pokazuje šaru koja je od koristi pčelama mada je mi ne vidimo (strana 5 u boji). Na fotografiji se ta šara pojavljuje kao crvena, ali to je „lažna boja"; fotograf ju je proizvoljno odabrao u postupku obrade fotografija. To ne znači da je pčele vide kao crvenu. Niko ne zna kako pčela vidi ultraljubičastu (ili žutu, ili bilo koju drugu boju); ja čak ne znam ni kako vi vidite crvenu boju - što je stari filozofski „vruć krompir".

Cvetna livada je Tajms skver prirode ili njen Trg Pikadili. Sporovozna neonska reklama, koja se menja iz sedmice u sedmicu, dok cvetaju različiti cvetovi, pažljivo podstaknuti „podsetnicima" kao što je, na primer, promena dužine dana kako bi se uskladili s drugim pripadnicima sopstvene vrste. Ova cvetna raskoš, poprskana po zelenom platnu livade, oblikovana je i bojena, pojačavana i doterivana minulim izborima životinjskih očiju; očiju pčela, leptira i cvetnih mušica. Spisku smo morali da dodamo i kolibrije iz šuma Novog sveta ili ptice nektarice iz afričkih šuma.

Kolibri i ptice nektarice nisu u bliskom srodstvu. Oni izgledaju i ponašaju se slično zbog konvergencije na osnovu istog načina života koji se pretežno vrti oko cvetova i nektara (premda, osim nektara jedu i insekte). Imaju dugačke kljunove za pribavljanje nektara, produžene još dužim jezicima. Ptice nektarice slabije lebde u vazduhu od kolibrija koji mogu da lete i unazad, kao helikopter. Golupke (lat. *Macroglossum stellatarum*) takođe su konvergentne, mada s mnogo udaljenije referentne tačke u životinjskom carstvu. I one izvrsno lebde i imaju spektakularno dugačke jezike (sva tri tipa nektarskih zavisnika prikazana su na strani 5 u boji).

Vratićemo se konvergentnoj evoluciji kasnije u knjizi, ali prvo treba pravilno da shvatimo prirodnu selekciju. Ovde, u ovom poglavlju, cvetovi nas mame, navode nas korak po korak da proniknemo u prirodnu selekciju. Oči kolibrija, oči veštica, oči leptira, oči cvetne mušice, oči pčele, kritički su posmatrale divlje cvetove, generaciju za generacijom, čime su ih oblikovale, bojile, uvećavale, oslikavale šarama i tačkicama gotovo istovetno kao što su oči čoveka kasnije činile s baštenskim varijetetima, kao i s psima, kravama, kupusom i kukuruzom.

Oprašivanje pomoću insekta predstavlja za cvet veliki napredak u

ekonomiji u odnosu na rasipnu sačmaru u vidu oprašivanja vetrom. Čak i ako pčela leti s cveta na cvet ne praveći nikakvu razliku, i slobodno prelazi s ljutića na različak, s maka na žutu travu, zrnce polena prilepljeno za njen dlakavi stomak ima mnogo većih izgleda da pogodi pravi cilj - drugi cvet iste vrste - nego što bi imalo nošeno vetrom. Nešto bolja bila bi pčela sklona određenoj boji, recimo plavoj. Ili pčela koja dugoročno nema afinitet ka bilo kojoj boji, ali stiče navike tako što bira boje tokom pojedinačnih letova. Još uspešniji bio bi insekt koji pohodi cvetove jedne vrste. A tu su i cvetovi, poput orhideje s Madagaskara, koji su poslužili za Darvin-Volasovo predviđanje. Njihov nektar je dostupan samo određenim insektima koji su se specijalizovali za tu vrstu cveta tako da imaju korist od takve vrste monopola. Moljci s Madagaskara pravi su magični meci.

Sa stanovišta moljca, cvetovi koji pouzdano proizvode nektar jesu poput pitomih, izdašnih mlečnih krava. Sa stanovišta cvetova, moljci koji pouzdano prenose njihov polen na druge cvetove iste vrste, isto su što i dobro plaćena post-ekspres usluga ili kao trenirani golubovi pismonoše. Za obe strane se može reći da su pripitomile onu drugu, selektivno je odgajajući da bolje radi posao nego što je to prvobitno činila. Ljudski odgajivači plemenitih ruža imali su skoro iste efekte na cvetove kao i insekti - samo što su ih malo pojačali. Insekti su odgajali cvetove tako da budu jarki i upadljivi. Vrtlari su još pojačali te njihove osobine. Insekti su se postarali da ruže prijatno mirišu. Onda smo došli mi, i miris ruže se pojačao. Srećna je okolnost to da su mirisi koji se dopadaju pčelama i leptirima, privlačni i nama. Cveće kao što je „smrdljivi Bendžamin" (lat. *Trillium erectum)* ili „cvet leš" (lat. *Amorphophallus titanum*) koje koristi muve zlatice ili bube strvinare kao oprašivače, često nam izaziva mučninu jer podražava miris trulog mesa. Takvom cveću, pretpostavljam, ljudi odgajivači nisu poboljšavali miris.

Naravno, odnos između insekata i cvetova je dvosmerna ulica i moramo gledati na obe strane. Insekti mogu „odgajati" cvetove kako bi bili lepši, ali ne zbog toga što insekti uživaju u lepoti.[12] Umesto toga, cvetovi imaju korist od privlačenja insekata. Insekti, birajući da posete najprivlačnije cvetove, nenamerno, gaje cvetnu lepotu. U isto vreme, cvetovi kod insekata gaje sposobnost oprašivanja. Već sam napomenuo da insekti gaje cveće zbog visokog prinosa nektara, kao što mlekar gaji fuzijsku kravu sa ogromnim vimenom. Ali, u interesu je cvetova da ograniče sledovanja nektara. Zasiti li se insekt, neće osećati pobudu da odleti dalje i potraži drugi cvet - što je loše po prvi cvet, jer on biva oprašen upravo tokom druge posete, što je i smisao

čitave ceremonije. S tačke gledišta cvetova, mora biti uspostavljena tanana ravnoteža između proizvodnje previše nektara (insekt neće posetiti drugi cvet) i premalo nektara (insekt koji oprašuje nije podstaknut da poseti prvi cvet).

Insekti su „muzli" nektar iz cvetova i odgajali ih da bi prinos bio veći - pri tome su verovatno, kao što smo upravo videli, cvetovi pružali otpor. Da li su pčelari (ili baštovani koji na umu imaju interese pčelara) odgajili cvetove tako da proizvode još nektara, kao što su mlekari odgajili frizijske i džersijske krave? Voleo bih da znam. Međutim, nema nikakve sumnje da postoji bliska podudarnost između baštovana kao odgajivača lepih i mirisnih cvetova i pčela i leptira, kolibrija i ptica nektarica koji se bave istim poslom.

TI SI MOJA PRIRODNA SELEKCIJA

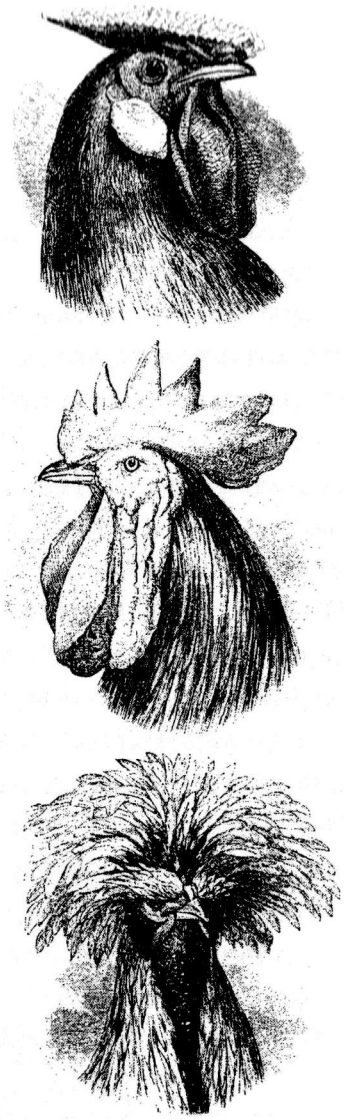
Ima li drugih primera selektivnog uzgajanja očima koje nisu ljudske? Da, naravno. Setite se poređenja nezanimljivog, prikrivenog perja fazanke s veličanstvenim perjem mužjaka iste vrste. Nema sumnje da bi zlatni fazan, ukoliko bi njegov lični opstanak bio važan, više „voleo" da izgleda kao ženka, ili kao odrasla verzija sebe kad je bio mladunče. Ženke i pilići su očigledno dobro kamuflirani i takvi bi bili i mužjaci da je individualni opstanak njihov prioritet. Ovo važi i za druge vrste fazana kao što je ledi Amherst i za uobičajene fazane s belim prstenom oko vrata. Fazanipetlovi su kitnjasti i opasno su privlačni grabljivicama, ali svaka vrsta to drugačije ispoljava, S druge strane, fazanke su kamuflirane i dosadnih su boja, i po tome su sve vrste gotovo iste. O čemu se radi?

Pojava se može opisati na Darvinov način: posredi je „seksualna selekcija". Ali, drugim rečima - a one se bolje kotrljaju po mojoj stazi uživanja - u pitanju je to da „ženke selektivno odgajaju mužjake". Jarke boje mužjaka zaista privlače grabljivice ali one takođe privlače i ženke. Generacije fazanki birale su da se pare s mužjacima jarkih, vatrenih boja a ne s dosadnosivim stvorenjima kakva bi mužjaci zasigurno ostali da ih ženke nisu selektivno odgajale. Isto se dogodilo i paunovima koje su selektivno odgajale paunice, mužjacima rajskih ptica koje su odgajale ženke i brojnim drugim pticama, sisarima, ribama, vodozemcima, gmizavcima i insektima gde ženke (obično su to ženke a ne mužjaci, a u razloge ne moramo ulaziti) biraju mužjake koji se nadmeću za njihovu naklonost. Ljudi uzgajatelji fazana su, kao u primeru s baštenskim cvećem, unapredili selektivni rad fazanki koji im

je prethodio, proizvodeći impresivne varijetete kao što su, na primer, zlatni fazan, iako su to pretežno činili birajući jednu ili dve krupne mutacije a ne postepeno oblikujući pticu tokom generacija uzgajanja. Ljudi su takođe selektivno uzgajali pojedine dražesne varijante golubova (što je Darvin znao iz prve ruke) i kokošaka koje vode poreklo od ptice s Dalekog istoka, crvene, divlje kokoši *(Gallus gallus).*

U ovom poglavlju se pretežno govori o selekciji koja se obavlja očima, ali i druga čula mogu odabirati. Ljubitelji kanarinaca odgajali su te ptice zbog njihove pesme, ali i zbog izgleda. Divlji kanarinac je neupadljiva žućkastosmeđa zeba. Selektivni odgajivači pošli su od palete boja koja je stvorena slučajnom genetičkom varijacijom i proizveli boju koja je dovoljno prepoznatljiva da bi dobila ime po ptici: kanarinskožuta. Inače, sama ptica je nazvana po ostrvima,[13] a ne obrnuto kao što je to bilo s galapagoskim ostrvima čije ime dolazi od španskog naziva za kornjaču. Kanarinci su ipak najpoznatiji po svojoj pesmi, a nju su takođe doterali i oplemenili ljudi odgajivači. Proizvedeni su razni varijeteti pevača među kojima su roleri, što pevaju zatvorenog kljuna, malino kanarinci koji zvuče kao žubor vode, i timbradi koji proizvode metalni zvuk nalik na zvono, s cvrkutanjem koje podseća na kastanjete, kako i dolikuje njihovom španskom poreklu. Pripitomljeni kanarinci pevaju duže, glasnije i češće nego divlje predačke vrste. Ali sav taj visokoplemeniti poj čine „sastojci" koji postoje i kod divljih kanarinaca, baš kao što i navike i veštine različitih rasa pasa dolaze od sastojaka koje nalazimo i u repertoaru ponašanja vukova.[14]

Da ponovimo, ljudi odgajivači samo su nastavili selektivno uzgajanje kojim su se bavile ženke ptica. Tokom generacija, ženke kanarinaca nenamerno su odgajale mužjake na osnovu njihove pevačke veštine, birajući da se pare sa onim mužjacima čiji poj im je bio naročito upadljiv. O kanarincima znamo i više. Kanarinci (i domaće gugutke) omiljeni su subjekti u istraživanju hormona i reproduktivnog ponašanja. Poznato je da kod obe vrste poj mužjaka (čak i sa audio zapisa) uzrokuje da se jajnici ženki uvećaju i luče hormone koji ih dovode u reproduktivno stanje i čine ih spremnim za parenje.



Varijeteti kokošaka: tri ilustracije iz Darvinove knjige *Varijeteti gajenih životinja i biljaka.*

Znači, mužjaci kanarinaca manipulišu ženkama tako što im pevaju. To izaziva približno isti efekat kao kada bismo im dali hormonske injekcije. Takođe važi i to da ženke selektivno uzgajaju mužjake da sve bolje i bolje pevaju. Dve tačke gledišta dve su strane istog novčića. Kao i kod svih vrsta ptica, postoji jedna začkoljica: osim što privlači ženke, pesma zastrašuje suparničke mužjake - ali to ću ostaviti po strani.

Radi daljeg iznošenja argumenta, zadržaćemo se na slikama na naspramnoj strani. Na prvoj slici je otisak s drvene ploče, prikaz maske samuraja iz japanskog teatra Kabuki. Na drugoj slici je vrsta raka, *Heikea*

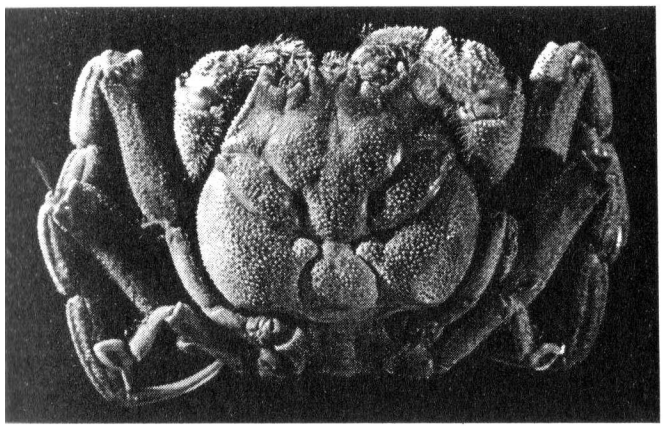
japonica, koji živi u vodama oko japanskog ostrvlja. Ime roda Heikea potiče od imena japanskog klana Heike koga je u pomorskoj bici kod Dano-Ura 1185. godine porazio suparnički klan Gendži. Legenda kaže da duhovi utopljenih ratnika iz klana Heike sada žive na dnu mora u telima morskih rakova - *Heikea japonica.* Mit pothranjuje šara na leđima ovih rakova, jer podseća na gnevnu grimasu samurajskog ratnika. Čuveni zoolog ser Džulijan Haksli bio je toliko impresioniran ovom podudarnošću da je napisao: „Sličnost između doripe (*Dorripe*) i ljutitog japanskog ratnika previše je specifična i detaljna da bi bila slučajna... To se dogodilo jer su rakovi izrazitije sličniji licu ratnika ređe korišćeni za ishranu nego druge vrste rakova." (Naziv ove vrste raka bio je *Dorripe* godine 1952, kada je Haksli napisao prethodnu rečenicu. Od 1990. godine ponovo se koristi ime *Heikea japonica* pošto je ustanovljeno da je ta vrsta raka tako nazvana još 1824 - toliko su stroga pravila prioriteta zoološke nomenklature.)

Ta teorija, po kojoj su generacije sujevernih ribara bacale natrag u more rakove čiji je oklop podsećao na ljudsko lice, dobila je novi zamah kada je 1980. godine o njoj pisao Karl Segan u svojoj divnoj knjizi *Kosmos:*

> Zamislite da se, sasvim slučajno, među udaljenim precima ovog raka, pojavio jedan koji je sasvim malo podsećao na ljudsko lice. Čak i pre bitke kod Dano-Ura, ribari bi oklevali da pojedu takvog raka. Bacajući ga natrag u more, pokrenuli su evolucioni proces... Kako su prolazile generacije, i rakova i ribara, rakovi sa šarom koja je najviše podsećala na lice samuraja preživljavali su sve dok se na njima nije pojavio ne samo ljudski lik, ne samo lik Japanca, već fizionomija gnevnog samuraja mrkog pogleda.

Kabuki maska samurajskog ratnika

Ovo je ljupka teorija, previše dobra da bi tek tako izumrla, i njen mem se propisno razmnožio. Čak sam pronašao i Web lokaciju gde možete glasati da li je teorija tačna (31 posto od 1331 glasača), da li su fotografije lažne (15 posto), da li je neki japanski majstor izrezbario oklope rakova da tako izgledaju (6 posto), da li je podudarnost samo slučajna (38 posto), ili jesu li rakovi zaista manifestacije utopljenih samuraja (neverovatnih 10 procenata glasača). Naučne istine se, naravno, ne odlučuju plebiscitom a ja sam glasao samo zato što inače ne bih mogao da vidim kako su drugi glasali. Bojim se da sam bio u grupi onih koji su kvarili raspoloženje. Smatram da je podudarnost najverovatnije slučajna. Ne samo zato što grebeni i žlebovi na leđima raka označavaju spojeve mišića, kako je to jedan autoritativni skeptik istakao.



Vrsta raka
Heikea japonica

Čak i po Hakslijevoj i Seganovoj teoriji, sujeverni ribari morali su isprva uočiti prvobitnu sličnost, koliko god ona bila mala, a simetrična šara koju

obrazuju hvatišta mišića upravo je mogla ukazati na takvu sličnost. Na mene je veći utisak ostavilo zapažanje istog skeptika kako su ovi rakovi ionako premali da bi se jeli. Po njegovom mišljenju, svi rakovi te veličine ionako bi se bacali nazad u more, bez obzira na to da li njihova leđa podsećaju na ljudska lica. Mada, moram reći da verujem u ovaj ubedljiviji skeptički argument od kad su me izveli na večeru u Tokiju na kojoj je moj domaćin za sve goste naručio porciju rakova. Rakovi su bili mnogo veći od vrste *Heikea,* imali su debele, snažne kalcifikovane oklope, ali to nije sprečilo mog domaćina Supermena da uzima cele rakove, jednog po jednog, da ih grize kao jabuku, a krckanje je bilo takvo da se samo moglo pomisliti kako mu desni grozno krvare. Mali rak kao što je *Heikea* bio bi zalogajčić za ovog gastronomskog šampiona. Verovatno bi ga celog progutao a da ne trepne.

Moj skepticizam prema Haksli-Seganovoj teoriji uglavnom počiva na tome da je ljudski mozak provereno sklon prepoznavanju lica u slučajnim šarama, što znamo iz naučnih dokaza, brojnih legendi o licima Isusa Hrista, Bogorodice ili majke Tereze, viđenim na komadima hleba ili pice ili na flekama od vlage na zidu. Ova sklonost je jača ukoliko šara odstupa od potpune slučajnosti jer je simetrična. Svi rakovi (osim pustinjskih rakova) ionako su simetrični. Nerado podozrevam da je podudarnost vrste *Heikea* i samuraja puka slučajnost, mada bih voleo da verujem kako je oblikovana prirodnom selekcijom.

Nije važno. Ima mnogo drugih primera u kojima nema ljudi, gde su životinje „ribari" „odbacivale" (ili uopšte nisu primećivale) potencijalnu hranu jer podseća na nešto opasno, a ta sličnost nipošto nije slučajna. Da ste ptica koja u šumi lovi gusenice, šta biste uradili ako biste slučajno naišli na zmiju? Pogađam da biste prvo preneraženo odskočili a potom je obišli u širokom luku. E, pa, postoji gusenica koja neodoljivo podseća na zmiju - preciznije, njen zadnji deo podseća. Zaista vas takva gusenica može uznemiriti ukoliko se plašite zmija - a ja stidljivo priznajem da ih se plašim. Čak mislim da bih nerado uzeo takvu životinju u ruke uprkos tome što savršeno dobro znam da je ona u stvari bezopasna gusenica. (Slika ovog izuzetnog stvorenja nalazi se na strani 7 u boji.) Isti problem imam i s cvetnim mušicama koje podsećaju na ose ili pčele, mada na osnovu toga što imaju samo jedan par krila znam da su to insekti bez žaoke. Ovo su samo neke životinje s velikog spiska životinja koje su zaštićene zato što liče na nešto drugo, nejestivo poput oblutka, grančice ili lista morske alge, ili na nešto zaista gadno kao što je zmija ili osa ili staklaste oči grabljivice.

Da li su onda oči ptica odgajale insekte tako da oni podsećaju na svoje neukusne ili otrovne uzore? Jednim delom, odgovor je sigurno potvrdan. Koja je, zapravo, razlika između ovakvog odgajanja i onog u kome paunice odgajaju paunove tako da budu lepi ili ljudi odgajaju pse ili ruže? Uglavnom to što paunice *pozitivno* odgajaju osobinu koja je privlačna tako što prilaze paunovima, dok ptice koje love gusenice *negativno* odgajaju ono što im je odbojno jer izbegavaju gusenice s takvom osobinom. Evo onda drugog primera u kome je „odgajanje" pozitivno iako selektor nema nikakve koristi od svog odabira, daleko od toga.

Riba grdobina leži na dnu okeana strpljivo čekajući plen.[15] Poput mnogih riba iz okeanskih dubina, grdobine su izuzetno ružne prema našim standardima. Možda i prema standardima riba, premda to verovatno i nije važno jer je tamo gde one žive ionako previše mračno kako bi se išta videlo. Kao i drugi stanovnici morskih dubina, ženke grdobina često proizvode sopstvenu svetlost - to jest imaju posebna spremišta nastanjena bakterijama koje ovim ribama proizvode svetlost. Takva „bioluminiscencija" nije dovoljno snažna da bi obasjala bilo koji detalj, ali je svetlost sasvim dovoljna da privuče drugu ribu. Kičma koja je kod običnih riba samo jedan krak peraja, kod grdobine je izdužena i učvršćena kao pecaljka. Kod nekih vrsta „štap" je toliko dugačak i savitljiv da biste ga pre nazvali konopac. A na kraju pecaljke je - a šta drugo? - mamac. Mamci se razlikuju od vrste do vrste i uvek podsećaju na mali obrok: možda na crva ili na ribicu ili na neki nejasan ali primamljiv skakutavi zalogaj. Često je mamac svetlucav. To je još jedna prirodna neonska reklama, a u ovom slučaju bleštava poruka glasi: „Dođi i pojedi me". To zaista mami male ribe. One priđu mamcu veoma blizu. Ali to je i poslednje što urade jer tada grdobina razjapljene ogromnu čeljust i guta plen s bujicom vode.

Hoćemo li sada reći da male ribe kojima se hrane grdobine odgajaju sve privlačnije i privlačnije mamce, kao što paunice odgajaju atraktivnije paunove a baštovani divnije ruže? Nema razloga da ne kažemo tako. U slučaju ruža, najprivlačniji su cvetovi koje baštovan svesno bira za odgajanje. Gotovo isto se dešava i s paunovima koje biraju paunice. Moguće je da paunice nisu svesne da one biraju, za razliku od odgajivača ruža. Ali, izgleda da to nije naročito značajna razlika, kad se uzmu u obzir okolnosti. Nešto je veća razlika između primera s grdobinom i druga dva primera. Riba plen zaista bira „najprivlačniju" grdobinu za odgajanje i to posrednim putem - hraneći ih, ona ih bira za opstanak! Grdobine s neprivlačnim mamcima imaju

veće izglede da umru od gladi i samim tim manje izglede da budu odgajane. Male ribe koje su plen uistinu „biraju". Ali one biraju sopstvenim životima! Ova priča oslikava pravu prirodnu selekciju, i dovela nas je do kraja progresivnog zavođenja u ovom poglavlju. Evo kako je izgledalo naše napredovanje.

1 Ljudi svesno biraju privlačne ruže, suncokrete itd. za odgajanje, čuvajući tako gene koji daju privlačne osobine. Ovo je veštačka selekcija, i ljudima je bila poznata mnogo pre Darvina; svako razume da je ona dovoljno snažna jer je transformisala vukove u čivave i za red veličine produžila klipove kukuruza.

2 Paunice biraju (ne znamo da li to čine svesno i namerno, ali da sada ne nagađamo) atraktivne paunove za odgajanje, takođe čuvajući gene za privlačnost. Ovo je seksualna selekcija i nju je otkrio Darvin, ili ju je bar jasno prepoznao i imenovao.

3 Male ribe koje su plen (svakako nesvesno) biraju privlačne grdobine za opstanak, tako što sopstvenim telima hrane najprivlačnije među njima, pri čemu ih nenamerno biraju za opstanak i preživljavanje i na taj način čuvaju gene koji proizvode privlačne osobine. To se zove - da, napokon smo stigli dotle - prirodna selekcija, i to je bilo Darvinovo najveće otkriće.

Darvinov genijalni um shvatio je da bi priroda mogla igrati ulogu sile selekcije. Svako je znao za veštačku selekciju,[16] ili je bar svako ko je radio na farmama ili u baštama, imao iskustva sa odgajanjima izložbenih pasa ili golubova za takmičenje. Ali, Darvin je prvi uočio da ne mora postojati *posrednik* koji bira. Izbor može automatski nastati preživljavanjem - ili nesposobnošću preživljavanja. Preživljavanje je važno, shvatio je Darvin, jer se samo oni koji prežive razmnožavaju i prenose svoje gene (Darvin nije koristio reč gen) koji su im pomogli da prežive.

Uzeo sam grdobinu kao primer zato što se tu još uvek može govoriti o posredniku selekcije što svojim očima bira koja će grdobina preživeti. Ipak, stigli smo do poente u našoj argumentaciji - do Darvinove poente - pa više nema potrebe da govorimo o posredniku selekcije. Pređimo sada s grdobine na, recimo, tunu ili tarpona, ribu koja aktivno goni svoj plen. Nikakva smislena jezička akrobacija ili uzlet mašte ne mogu podupreti našu tvrdnju da

plen „bira” koji će tarpon preživeti tako što biva pojeden. Ali možemo reći da će preživeti oni tarponi koji su bolje opremljeni da ulove plen, iz bilo kojih razloga - brzi mišići za plivanje, oštar vid itd, i da će se samim tim oni razmnožavati i prenositi gene koji su ih učinili uspešnim. Oni su „izabrani” samim činom preživljavanja dok drugi tarponi koji su, *iz bilo kojih razloga,* slabije opremljeni neće preživeti. Zato našem spisku možemo dodati i četvrti korak.

4 One jedinke koje su „izabrane” usled činjenice da imaju savršeniju opremu za preživljavanje, najverovatnije će se razmnožavati bez ikakvog posrednika u selekciji i na taj način preneti gene za posedovanje te savršenije opreme. Prema tome, svaki genski fond bilo koje vrste, teži da se popuni genima koji će ga bolje opremiti za opstanak i razmnožavanje.

Obratite pažnju na to kako je prirodna selekcija sveobuhvatna. Primeri koje sam naveo u koracima 1, 2 i 3, kao i mnogi drugi primeri, mogu se podsvesti pod prirodnu selekciju kao specijalni slučajevi opštije pojave. Darvin je proučio najopštiji slučaj pojave koju su ljudi već donekle znali. Do tada, bila im je znana samo kao specijalan slučaj veštačke selekcije. Opšti slučaj je neslučajno preživljavanje slučajno izmenljive nasledne opreme. Nije važno kako nastaje slučajno preživljavanje. To može biti svestan, eksplicitno nameran izbor posrednika (kao kada ljudi biraju rasne hrtove za uzgajanje); to može biti nehotičan izbor posrednika bez izričite namere (kao kada fazanke biraju fazane za uzgajanje); to može biti nehotičan izbor koji bi birač - sa uvidom koji je dat nama ali ne i samom biraču - više voleo da nije napravio (kao kada riba plen bira da priđe mamcu ribe grdobine); ili to može da bude nešto što uopšte ne bismo prepoznali kao izbor, kao kada bi tarpon, na primer, preživljavao zbog neobičnog biohemijskog svojstva duboko u mišićima zbog koga dodatnom eksplozivnom brzinom goni plen. Darvin je to divno objasnio u čuvenom pasusu iz *Postanka vrsta:*

> Može se reći da prirodno odabiranje po sav dan i svakoga časa istražuje po celome svetu i najmanje varijacije; ono odbacuje rđave a održava i sabira one koje su dobre; ono radi mirno i neprimetno, kad god i gde god se ukaže prilika, na usavršavanju svakog organskog biča prema njegovim organskim i neorganskim uslovima života. Mi ne vidimo ništa od tih laganih promena dok su u toku, sve dok ruka vremena ne pokaže da je jedno doba proteklo, pa i tada je naš pogled

na davno protekla geološka doba tako nesavršen pa samo vidimo da su današnji živi oblici različiti od onih iz prošlosti.

Ovde sam citirao, što je moja uobičajena praksa, iz *prvog* izdanja Darvinovog remek-dela. Jedna zanimljiva umetnuta reč našla se u kasnijim izdanjima: „Može se *metaforično* reći da prirodno odabiranje po sav dan i svakoga časa...” (kurziv dodat). Možda mislite da je „može se reći...” bilo dovoljno oprezno sročeno. Ali, 1866. godine Darvin je dobio pismo od Volasa, koji je takođe otkrio prirodnu selekciju, u kome mu iznosi da je, nažalost, neophodna još veća ograda od pogrešnog tumačenja.

> Dragi moj Darvine, toliko me je puta pogodila potpuna nesposobnost mnogih inteligentnih osoba da jasno vide, ili da uopšte vide, samodejstvujuće i nužne efekte prirodne selekcije, da sam sklon zaključiti kako sam izraz i Vaš način njegovog ilustrovanja, ma koliko jasan i lep mnogima od nas, još uvek nije najbolje prilagođen e da bi ostavio utisak na najširu prirodnjačku javnost.

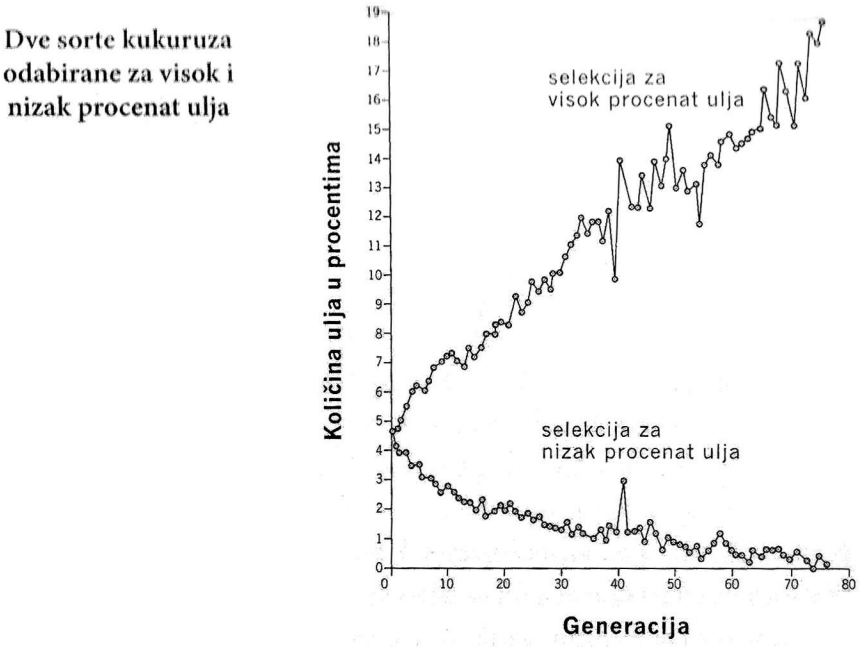
Volas je u nastavku citirao francuskog pisca Žanea, koji je očito, za razliku od Volasa i Darvina, duboko smeten:

> Vidim da on smatra kako je vaša slaba tačka to što ne vidite da su „misao i usmerenje suštinski za delovanje prirodne selekcije”. Isti prigovor mnogo su puta izrekli vaši glavni oponenti a i sam sam ga često slušao u razgovorima. Čini mi se da to toga dolazi isključivo zbog vašeg izbora izraza *prirodna selekcija,* čime se konstantno njeno značenje poredi sa selekcijom koju vrši čovek a tu je i vaše često personifikovanje prirode koja „bira”, „favorizuje” nešto... itd., itd. Malom broju ljudi ovo je jasno kao dan i baš je divno sugestivno, ali je mnogima to očito kamen spoticanja. Stoga vam predlažem da potpuno izbegnete ovakav izvor zabune u svom velikom delu, i takođe u budućim izdanjima *Postanka,* i mislim da to možete uraditi bez teškoća i veoma efikasno ukoliko usvojite Spenserov izraz... „opstanak najsposobnijih”. Ovaj izraz jasan je opis činjenice; „prirodna selekcija” je njen metaforički opis...

Volas je imao dobar argument. Nažalost, Spenserov izraz „opstanak najsposobnijih” stvara nove probleme koje Volas nije mogao predvideti a ja im ovde neću posvećivati pažnju. Uprkos Volasovom upozorenju, više volim da pratim Darvinovu strategiju uvođenja prirodne selekcije preko uzgajanja i veštačke selekcije. Sklon sam da pomislim kako je gospodin Žane možda imao pravo toga puta. Ali imao sam još jedan razlog, i to dobar, da sledim

Darvinov trag. Konačna provera naučne hipoteze je eksperiment. Sprovođenje eksperimenta pre svega znači ne čekati da priroda nešto uradi, kao pasivni posmatrač koji opaža šta je s čim u korelaciji. *Ne,* umešajte se i *učinite* nešto. *Manipulišite. Menjajte* nešto sistematski i poredite rezultat s kontrolnim u kome nema promene, ili ga poredite s drugom promenom.

Eksperimentalna interferencija je izuzetno važna jer bez nje nikada ne možete biti sigurni da korelacija koju opažate ima ikakav uzročni značaj. Ovo se može ilustrovati takozvanom „zabludom o crkvenim satovima". Satovi na tornjevima dveju susednih crkava oglašavaju se zvonjavom svakoga sata, ali sat na crkvi Svetog A zvoni nešto ranije nego sat na crkvi Svetog B. Posetilac s Marsa, koji ovo primeti, mogao bi zaključiti kako je zvonjava na crkvi Svetog A *uzrok* zvonjave na crkvi Svetog B. Mi, naravno, znamo da nije tako, ali jedina prava provera hipoteze bila bi da eksperimentalno zvonimo zvonima na crkvi Svetog A u *nasumičnim* vremenskim intervalima, a ne svakog punog sata. Predviđanje Marsovca koje bi, naravno, bilo opovrgnuto u ovom slučaju, jeste da bi zvona na crkvi Svetog B zvonila odmah nakon zvona na crkvi Svetog A. Jedino se eksperimentalnom manipulacijom može ustanoviti da li uočena korelacija zaista ukazuje na uzročnu vezu.



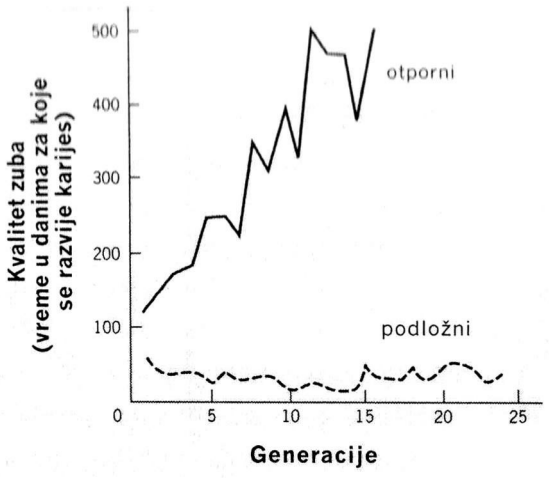
Ako ste postavili hipotezu da neslučajno preživljavanje slučajnih genetičkih varijacija ima važnu evolucionu posledicu, *eksperimentalni* test hipoteze moralo bi biti namerno čovekovo uplitanje. Umešajte se i *manipulacijom* odredite koji varijetet preživljava a koji ne preživljava. Umešajte se i *izaberite,* kao odgajivač, koja vrsta jedinki će se razmnožavati.

A to, naravno, *jeste* veštačka selekcija. Veštačka selekcija nije samo *analogija* za prirodnu selekciju. Veštačka selekcija je prava *eksperimentalna* - a ne opservaciona - provera hipoteze da je selekcija uzrok evolucione promene.

Većina poznatih primera veštačke selekcije - na primer, uzgoj različitih rasa pasa - opažena je pri naknadnom istorijskom uvidu a ne u svesnim proverama predviđanja pod uslovima kontrolisanim u eksperimentu. Ali, valjani eksperimenti su sprovođeni i rezultati su uvek bili onakvi kao što se i očekivalo na osnovu opaženih rezultata kod pasa, kupusa i suncokreta. Evo tipičnog primera koji je naročito dobar jer su agronomi iz Eksperimentalne stanice Ilinois počeli da obavljaju opite pre mnogo vremena, još 1896. godine (generacija 1 na grafikonu). Dijagram u vrhu strane prikazuje količinu ulja u semenu kukuruza dveju različitih sorti nastalih veštačkom selekcijom, pri čemu je jedna odabrana za visok prinos ulja a druga za nizak. Ovo je valjan eksperiment zato što poredimo rezultate dve namerne manipulacije ili intervencije. Očigledno, razlika je drastična i povećava se. Verovatno je da će se i uzlazni i silazni trend na kraju zaustaviti: linija niskog prinosa zato što sadržaj ulja ne može pasti ispod nule, a linija visokog prinosa iz razloga koji su više nego očigledni.

Evo podrobnije laboratorijske demonstracije za snagu veštačke selekcije koja je poučna na drugi način. Dijagram na ovoj strani pokazuje sedamnaest generacija pacova veštački izabranih da bi stekli otpornost na kvarenje zuba. Iscrtano je izmereno vreme, u danima, tokom kojeg pacovi nisu imah zubni karijes. Na početku eksperimenta, tipičan period u kome nije bilo kvarenja zuba iznosio je oko 100 dana. Nakon samo deset ih nešto više generacija sistematske selekcije protiv karijesa, period u kom su zubi životinja bih zdravi bio je oko četiri puta duži, ili čak i više. Još jednom, poseban soj pacova izabran je da evoluira u suprotnom smeru: u ovom slučaju, tokom eksperimenta sistematski je odgajana podložnost kvarenju zuba.

Dva soja pacova odabirana za visok i nizak otpor kvarenju zuba



Ovaj primer nam je prilika da se izvežbamo u razmišljanju o prirodnoj selekciji. Razmatranje o pacovskim zubima biće prvo od tri takva izleta u pravu prirodnu selekciju za čije smo poduzimanje sada dobro opremljeni. U druga dva, umesto da se bavimo pacovima vratićemo se na pse i cveće, stvorenja koja smo već sreli na stazi uživanja kada smo proučavali uzgajanje.

PACOVSKI ZUBI

Ukoliko je tako lako poboljšati kvalitet zuba pacova veštačkom selekcijom zašto je onda prirodna selekcija očigledno uradila tako loš posao? Sigurno je da nema koristi od propadanja zuba. Ako je veštačka selekcija sposobna da ga smanji, zašto prirodna selekcija već davno nije uradila to isto? Na pamet mi padaju dva odgovora, a oba su poučna.

Prvi odgovor glasi: prvobitna populacija koju su ljudi selektori koristili kao sirov materijal nisu bili divlji pacovi nego pripitomljeni, laboratorijski uzgajani beli pacovi. Moglo bi se reći da laboratorijski pacovi žive komforno, kao i moderni ljudi, zaštićeni od oštrice prirodne selekcije. Genetička sklonost kvarenju zuba značajno bi smanjila izglede za razmnožavanje u divljini ali možda nema nikakvog uticaja u laboratorijskoj koloniji gde je život lak i gde odluku o tome ko se razmnožava a ko ne donose ljudi, ne obaziruć se na sposobnost preživljavanja životinja.

To je prvi odgovor na pitanje. Drugi odgovor je zanimljiviji, jer sadrži važnu lekciju i o prirodnoj selekciji i o veštačkoj selekciji. To je lekcija o kompromisima i već smo skrenuli pažnju na nju kada smo govorili o strategijama oprašivanja biljaka. Ništa nije besplatno, sve se plaća. Možda izgleda očigledno da kvarenje zuba treba izbegavati po svaku cenu, i ja ne

sumnjam da zubni karijes značajno skraćuje život pacova. Ali razmislimo za trenutak o tome šta se mora dogoditi kako bi se povećala otpornost životinja na kvarenje zuba. Ne znam sve detalje, ali sam siguran da bi to bilo skupo i to je sve što treba da uzmem u obzir. Pretpostavimo da je otpornost postignuta zadebljanjem zubne gleđi a za to je potreban dodatni kalcijum. Nije nemoguće pronaći dodatni kalcijum, ali on mora odnekuda da dođe a to nije besplatno. Kalcijum (ili bilo koji drugi ograničeni resurs) ne pluta po vazduhu. On mora da ulazi u telo preko hrane. Osim za zube, potencijalno je koristan i za druge delove tela.

Telo poseduje nešto što možemo nazvati ekonomijom kalcijuma. Kalcijum je neophodan za kosti a mora ga biti i u mleku. (Pretpostavljam da govorimo u kalcijumu. Ukoliko kalcijum nije bitan, onda mora biti da je neophodan drugi resurs, skup i redak, a argument je isti, koji god da je redak resurs u pitanju. Nastaviću u argumentaciji da koristim kalcijum.) Pacov s posebno snažnim zubima mogao bi biti *sklon* da živi duže nego pacov s kvarnim zubima, pod uslovom da je sve ostalo jednako. Ali, sve ostalo nije jednako zato što je kalcijum, neophodan za jačanje zuba, morao doći odnekud, recimo iz kostiju. Suparnička jedinka koja nema genetičku predispoziciju da uzima kalcijum iz kostiju, mogla bi živeti duže jer ima bolje kosti iako su joj zubi lošiji. Ili bi suparnička jedinka mogla biti bolje osposobljena da gaji decu zato što proizvodi više mleka bogatog kalcijumom. Ekonomisti s ponosom citiraju Roberta Hajnlajna koji je rekao da nema besplatnog ručka. Moj primer s pacovom je hipotetičan, ali se pouzdano može reći da iz ekonomskih razloga mora postojati pacov čiji su zubi *previše* dobri. Savršenost u jednom delu tela kupuje se žrtvovanjem nečega u drugom delu tela.

Lekcija je primenljiva na sva živa bića. Možemo očekivati da su tela dobro opremljena za preživljavanje, ali to ne znači da bilo koja njihova pojedinačna osobina treba da bude savršena. Antilopa bi mogla trčati brže i s većim izgledima da umakne leopardu ukoliko bi imala malo duže noge. Ali, suparnička antilopa s dužim nogama, premda bolje opremljena da trči brže od grabljivice, mora platiti za svoje duže noge u nekom drugom segmentu telesne ekonomije. Pošto se materijali neophodni za dodatnu koštanu i mišićnu masu za duže noge moraju odnekud uzeti, jedinka s dužim nogama ima veće izglede da umre iako ne kao žrtva grabljivica. Ili čak ima veće izglede da nastrada od grabljivice jer su duže noge, iako mogu da trče duže kada su nepovređene, sklonije prelomima a u tom slučaju životinja ne može

uopšte da trči. Telo je šarenilo kompromisa, a na to ću se vratiti u poglavlju o trkama u naoružanju.

Domaće životinje su veštački zaštićene od mnogih rizika koji skraćuju život divljim životinjama. Rasna mlečna krava može davati ogromne količine mleka, ali kad bi pokušala da umakne lavu sigurno bi joj zasmetalo njeno glomazno vime. Engleski punokrvni konji vrhunski su trkači i skakači, ali njihove noge podložne su povredama tokom trka, pogotovo prilikom skokova, što ukazuje na to da ih je veštačka selekcija pogurala ka području koje prirodna selekcija ne bi tolerisala. Pored toga, engleski punokrvni konji napreduju samo zahvaljujući bogatoj hrani kojom ih snabdevaju ljudi. Dok britanski domaći poniji idu na ispašu, trkački konji ne napreduju ukoliko ne jedu hranu koja je bogata žitaricama i dodacima koji se ne mogu naći u (njihovom) prirodnom okruženju. Napominjem još jedanput da ću se ovim temama vratiti u poglavlju o trkama u naoružanju.

PONOVO O PSIMA

Pošto smo konačno došli do teme o prirodnoj selekciji, možemo se vratiti na primer o psima zbog nekih drugih važnih lekcija. Rekao sam da su psi pripitomljeni vukovi, ali tu tvrdnju moram precizirati u svetlu fascinantne teorije o evoluciji psa, koju je i ovoga puta jasno izneo Rejmond Kopindžer. Smatra se da evolucija psa nije samo plod veštačke selekcije. Ona je isto toliko i adaptacija vukova na čoveka prirodnom selekcijom. Početno pripitomljavanje psa pretežno je bilo samopripitomljavanje, posredstvom prirodne selekcije a ne veštačke. Mnogo pre nego što smo u ruke uzeli dleta iz kutije sa alatkama veštačke selekcije, prirodna selekcija je već oblikovala vukove u samopripitomljene „seoske pse“, bez bilo kakve ljudske intervencije. Tek kasnije su ljudi usvojili te seoske pse i transformisali ih, zasebno i podrobno, u spektar rasa koje danas ulepšavaju (ako je o tome reč) izložbe i slične pompezne svečanosti psećeg dostignuća i lepote (ako je reč o lepoti).

Kada se domaća životinja pusti na slobodu, kaže Kopindžer, posle mnogo generacija ponovo postane bliska divljem pretku. Prema tome, mogli bismo očekivati da psi lutalice postanu nalik vukovima. Ali, to se ne događa. Psi prepušteni sami sebi postaju sveprisutni seoski psi - „poludivlji psi” - koji se motaju oko ljudskih naseobina širom Trećeg sveta. To podstiče Kopindžerovo uverenje da psi s kojima su odgajivači počeli da rade nisu više

bili vukovi. Oni su već sami sebe promenili u pse: seoske pse, poludivlje pse ili možda u rasu dingo.

Vukovi love u čoporima. Seoski psi su đubretari koji često rovare po smeću. Ni vukovima nije strano prebiranje po smetlištima, ali njihov temperament nije prilagođen kopanju po otpacima koje ostave ljudi, zato što imaju dugu „razdaljinu bekstva". Ako vidite životinju koja jede, možete izmeriti njenu razdaljinu bekstva gledajući na koliko će vam dozvoliti da joj se približite pre nego što pobegne. Za bilo koju vrstu, u bilo kojoj situaciji postoji optimalna razdaljina bekstva, negde između situacije kad je jedinka previše sklona riziku ili je ludo odvažna pa je razdaljina kratka, i one kad je suviše plašljiva, odnosno nesklona rizikovanju, a tada je razdaljina duga. Verovatnije je da će jedinke koje se prekasno daju u beg kada zapreti opasnost, nastradati upravo od te opasnosti. Manje je očigledno, ali postoji i prerano bekstvo. Jedinke koje su previše oprezne nikada ne dođu do čestitog obroka jer pobegnu na prvi znak opasnosti. Lako je prevideti opasnosti od prevelike nenaklonjenosti riziku. Začuđeni smo kada gledamo zebre ili antilope kako mirno pasu naočigled lavova samo ih oprezno pogledajući. Zbunjeni smo zbog sopstvene nesklonosti riziku (ili tome barem nije sklon naš safari vodič) koja nas je prikucala za unutrašnjost lendrovera, čak i kada nema razloga da verujemo kako je lav u našoj blizini. Takvi smo zato što nema ničeg što bi se suprotstavilo našem strahu. Obrok ćemo dobiti kada se vratimo u safari kolibu. Naši divlji preci imali bi više razumevanja za zebre koje rizikuju. Poput zebri, i oni su morali da izvagaju rizik od toga da budu pojedeni i onaj od toga da ne jedu. Bez sumnje, lav bi mogao da napadne; ali, zavisno od veličine vaše grupe, verovatno bi zgrabio nekog drugog člana a ne vas. Ako se nikada ne usudite da priđete hrani ili pojilu, svakako ćete umreti - od gladi ili od žeđi. To je ista ona lekcija o ekonomskom kompromisu s kojom smo se već dvaput sreli.[17]

Krajnji ishod ove digresije glasi: divlji vuk, kao svaka druga životinja, ima optimalnu razdaljinu bekstva, fino uravnoteženu - i moguće fleksibilnu - između previše hrabrosti i previše opreznosti. Prirodna selekcija će delovati na razdaljinu bekstva pomerajući je na jednu ili drugu stranu duž spektra ukoliko se promene uslovi tokom evolucionog vremena. Ako se u svetu vukova iznenada pojavi izdašan nov izvor hrane poput seoskog đubrišta, to će pomeriti optimalnu tačku s kraćim razdaljinama bekstva pa će vukovi oklevati da pobegnu dok uživaju u ovoj darežljivosti.

Zamislimo divlje vukove koji razvlače đubre na kraju sela. Većina njih,

plašeći se ljudi koji mogu da ih kamenuju i probodu kopljem, ima veoma dugačku razdaljinu bekstva. Oni trče u sigurnost šume čim se čovek pojavi. Ali, nekoliko jedinki, genetičkom slučajnošću, ima nešto kraću razdaljinu bekstva od prosečne. Zbog svoje spremnosti da preuzmu mali rizik - možemo za njih reći da su hrabri ali ne i suludo hrabri - imaju više hrane nego njihovi suparnici koji manje rizikuju. Kako generacije prolaze, prirodna selekcija favorizuje sve kraće i kraće razdaljine bekstva, dok se ne dostigne tačka kada vukove zaista ugrožavaju ljudi spremni da ih kamenuju. Optimalna razdaljina bekstva promenila se zbog novog izvora dostupne hrane.

Sličan ovom evolucionom skraćivanju razdaljine bekstva bio je, po Kopindžerovom mišljenju, prvi korak ka pripitomljavanju psa i on je načinjen prirodnom selekcijom, a ne veštačkom. Smanjivanje razdaljine bekstva jeste merljiva osobina ponašanja koja bi se mogla nazvati povećanje pitomosti. U ovoj fazi procesa ljudi nisu svesno birali najpitomije jedinke za uzgajanje. U ranoj fazi, između ljudi i prvobitnih pasa bilo je samo neprijateljskih susreta. Ako su vukovi postajali pripitomljeni to je bilo samopripitomljavanje, a ne svesno pripitomljavanje koje su sprovodili ljudi. Namerno pripitomljavanje došlo je kasnije.

Do ideje o tome kako se može oblikovati pitomost, ili bilo šta drugo - prirodno ili veštački - dolazimo posmatranjem fascinantnog eksperimenta iz modernih vremena - pripitomljavanja ruske srebrne lisice radi trgovine krznom. Eksperiment je dvostruko zanimljiv, zbog toga što osvetljava, po ko zna koji put, šta je Darvin znao o postupku pripitomljavanja, o „sporednim efektima" selektivnog odgajanja i o sličnosti između veštačke i prirodne selekcije koju je Darvin dobro razumeo.

Srebrna lisica samo je kolorni varijetet obične crvene lisice, *Vulpes vulpes,* na glasu zbog svog predivnog krzna. Pedesetih godina prošlog veka, ruski genetičar Dmitrij Beljajev dobio je zadatak da vodi farmu lisica od kojih će se dobijati krzno. Kasnije je otpušten jer se njegova naučna genetika sukobljavala sa antinaučnom ideologijom Lisjenka, biologa šarlatana koji je uspeo da dobije Staljinovu naklonost i za dvadesetak godina preuzme i skoro potpuno uništi čitavu sovjetsku genetiku i poljoprivredu. Beljajeva nije prošla ljubav prema lisicama i pravoj genetici, neokaljanoj Lisjenkovim uticajem, pa je kasnije postao direktor Instituta za genetiku u Sibiru i uspeo da nastavi proučavanje i jednog i drugog.

S divljim lisicama je teško raditi ali se Beljajev latio njihovog pripitomljavanja. Kao i svi drugi odgajivači životinja ili biljaka tog vremena,

svoju je metodu zasnivao na iskorišćavanju prirodnih varijeteta (tada nije bilo genetičkog inženjeringa) i birao je za uzgajanje one mužjake i ženke koji su bili najbliži njegovom zamišljenom idealu. U odabiru za pripitomljavanje Beljajev se mogao odlučiti da uzgaja one mužjake i ženke lisica koji su mu se najviše sviđali ili koji su ga gledali s najdražesnijim izrazom lica. To je moglo imati željene efekte na pitomost budućih generacija. On je postupio još sistematičnije, i koristio meru koja je približno jednaka razdaljini bekstva koju sam već pomenuo u vezi s vukovima, ali ju je prilagodio mladuncima lisice. Beljajev i njegovi saradnici (a i naslednici, jer se eksperimentalni program nastavio i nakon njegove smrti) podvrgli su mladunce lisice standardizovanim testovima u kojima bi eksperimentator mladuncu pružio hranu, pokušavajući da ga pomazi. Mladunci su podeljeni u tri klase. U klasi 3 bili su mladunci koji su pobegli ili ujeli čoveka. Mladunci iz klase 2 dozvolili su da budu dodirnuti ali nisu pokazali poverenje prema eksperimentatorima. Mladunci iz klase 1, najpitomiji od svih, prilazili su čoveku koji ih mazi, mahali repom i cvileli. Kada su mladunci odrasli, eksperimentatori su sistematski odgajali samo najpitomiju klasu.

Nakon samo šest generacija lisica ovako selektivno odgajanih u svrhu pripitomljavanja, one su se toliko promenile da su eksperimentatori morali imenovati novu kategoriju, „pripitomljenu elitnu" klasu koja je bila „željna da uspostavi kontakt s čovekom, cvilela da privuče pažnju i poput pasa njušila i lizala eksperimentatore" Na početku eksperimenta, nijedna lisica nije pripadala elitnoj klasi; nakon deset generacija uzgajanja u svrhu pripitomljavanja, 18 posto lisica postalo je „elitno"; posle dvadeset generacija, bilo ih je 35 posto; nakon trideset do trideset pet generacija, pripitomljene jedinke činile su između 70 i 80 posto eksperimentalne populacije.

Beljajev sa svojim lisicama koje su pripitomljavanjem postajale nalik psima

Ovakvi rezultati možda nisu suviše iznenađujući osim zbog začuđujuće veličine i brzine širenja efekta. Trideset pet generacija prošlo bi nezapaženo na skali geološkog vremena. Međutim, još su zanimljiviji neočekivani prateći efekti selektivnog uzgajanja radi dobijanja pitome sorte. Oni su odista bili zadivljujući i sasvim nepredvidljivi. Darvin, ljubitelj pasa, bio bi oduševljen. Ne samo da su se pitome lisice ponašale kao domaći psi, one su na njih i ličile. Izgubile su lisičju dlaku i dobile crne i bele šare kao velški ovčarski psi. Načuljene lisičje uši postale su mlitave, kao pseće. Krajevi repova uspravili su se kao kod pasa i nisu bili četkasti i usmereni nadole kao kod lisica. Ženke su imale teranje svakih šest meseci kao kuje, umesto jedanput godišnje što je uobičajeno kod lisica. Beljajev je tvrdio da su čak i ispuštale zvukove nalik psećim.

Ove pseće osobine bile su prateći efekti. Beljajev i njegovi saradnici nisu namerno uzgajali te osobine, nego samo pitomost. Ta druga svojstva, nalik psećim, očigledno su nastala evolucijom, pomoću gena za pitomost. Genetičare to ne iznenađuje. Njima je poznata raširena pojava zvana

„plejotropija“, kada geni daju više naizgled nepovezanih efekata. Naglasak je na reči „naizgled“. Embrionalni razvoj je složen proces. Kako saznajemo više o detaljima, to „naizgled nepovezano” postaje „povezano putanjom koju sad razumemo, ali je ranije nismo shvatali”. Po svoj prilici, geni za mlitave uši i šareno krzno plejotropski su povezani s genima za pitomost i kod lisica i kod pasa. To ilustruje jednu karakteristiku evolucije koja važi posvuda. Kada uočite neku osobinu životinje i upitate se koja je njena darvinistička vrednost za preživljavanje, sasvim je moguće da postavljate pogrešno pitanje. Može biti da osobina koju ste odabrali nije značajna. Ona se možda tokom evolucije „prošvercovala” uz neku drugu osobinu s kojom je plejotropski povezana.

Zato evolucija psa, ako je Kopindžer u pravu, nije samo stvar veštačke selekcije nego složena mešavina prirodne selekcije (koja je dominirala ranim fazama pripitomljavanja) i veštačke selekcije (koja je u prvi plan došla mnogo skorije). Prelaz je bio neprimetan, što ponovo ističe sličnost između veštačke i prirodne selekcije koju je Darvin prepoznao.

PONOVO O CVEĆU

Pređimo sad, dok se zagrevamo u našem trećem pohodu stazama prirodne selekcije, na cvetove i oprašivače i uverimo se u snagu prirodne selekcije kao pogonske sile evolucije. Biologija oprašivanja snabdela nas je uistinu sjajnim činjenicama, a vrhunac tih čudesnih pojava nalazimo kod orhideja. Darvin je njima bio toliko oduševljen da ne čudi što je napisao knjigu *Raznolike bravure orhideja zbog kojih ih oplođuju insekti (The Various Contrivances by which Orchids are Fertilised by Insects*). Neke orhideje, poput „magičnog metka” s Madagaskara s kojim smo se ranije sreli, daju nektar, dok druge varaju oprašivače i tako izbegavaju da im plate hranom. Postoje orhideje koje sasvim dovoljno podsećaju na ženke pčela (ili osa ili mušica) pa tako navode mužjaka da pokuša kopulirati s njima. Koliko je takvo podražavanje slično ženkama određene vrste insekata, toliko će mužjaci te vrste poslužiti kao magični meci, prelazeći s cveta na cvet samo jedne vrste orhideja. Čak i kada orhideja podseća na „bilo koju pčelu” a ne na jednu vrstu pčela, pčele koje to prevari i dalje će biti prilično dobri „magični meci”. Kad pažljivo pogledate orhideju muvu ili orhideju pčelu (strana 5 u boji), vidite da to nije pravi insekt: ali, one bi nas prevarile ako samo preletimo pogledom i vidimo ih krajičkom oka. Čak i kada ih direktno pogledate, rekao bih da orhideja pčela na slici (h) više podseća na orhideju bumbara nego na orhideju medonosnu

pčelu. Složene oči insekata nisu tako oštre kao naše oči koje su poput objektiva fotoaparata, a oblici i boje orhideja što podražavaju insekte, pojačani zavodljivim mirisima koje imitiraju ženske insekata, više su nego dovoljni da zavaraju mužjake. Uzgred, sasvim je moguće da je mimikrija izraženija u ultraljubičastom delu spektra, koji je našem oku nedostupan.

Takozvana orhideja pauk, *Brassia* (strana 5 (k) u boji), oprašuje se zahvaljujući drugačijoj vrsti obmane. Ženke različitih vrsta usamljenih osa („usamljenih" zato što ne vode društveni život u velikim košnicama kao zolje, poznate jesenje štetočine) love paukove tako što ih parališu ubodom žaoke, na njih polažu jaja a larve koriste paukove kao živi izvor hrane. Orhideje pauci dovoljno podsećaju na paukove kako bi namamile ženke osa da ili napadnu žaokom. Tom prilikom one pokupe polenski prah koji proizvode orhideje. Polen se prenosi na drugu orhideju pauka koju ose pokušaju da ubodu žaokom. Ne mogu a da na ovom mestu ne pomenem potpuno suprotan slučaj, pauka *Epicadus heterogaster* koji podražava orhideju. Insekti slete na „cvet" u potrazi za nektarom, a on ih smesta pojede.

Neke od najupečatljivijih orhideja koje upražnjavaju ovaj zavodnički trik, rastu na zapadu Australije. Različite vrste roda *Drakaea* poznate su kao orhideje čekići. Svaka vrsta ima specijalnu vezu sa određenom osom iz roda *Thynnid.* Deo cveta grubo podseća na insekta, što vara mužjake ose pa pokušavaju da se pare s njim. Do sada se po mom opisu orhideja *Drakaea* ne razlikuje bitnije od drugih orhideja koje podražavaju insekte. Ali *Drakaea* ima jedan izvanredan trik u svom repertoaru: na „stabljici" sa „zglobom" nalazi se lažna „osa". Zglob se jasno vidi na slici (strana 5 (g) u boji). Usled lepršanja ose koja se hvata u koštac s lažnom osom, zglob se savija i osa naizmenično udara poput čekića o drugu stranu cveta - nazovimo ga nakovanj - gde se nalaze njegovi reproduktivni delovi. Polen se odvaja i lepi za mužjaka ose koji se na kraju ispetlja i odleti ali, očito je, ne izvuče pouku: svoju predstavu ponavlja i na drugoj orhideji čekiću gde zajedno s polenom koji nosi udara o nakovanj tako da tovar nalazi svoje predviđeno utočište na ženskim organima cveta. Pokazao sam filmski zapis ove neverovatne predstave na jednom od svojih božićnih predavanja za decu, a vidi se i na snimku predavanja „Ultraljubičasti vrt".

Na istom predavanju govorio sam i o „vedrastim orhidejama" iz Južne Amerike čije je oprašivanje drugačije, ali jednako upečatljivo. One takođe imaju specijalizovane oprašivače, ali to nisu ose već male pčele iz grupe *Euglossine.* Da ponovim, te orhideje ne prave nektar. Ali one takođe ne

navode pčele da se s njima pare. Umesto toga, one pružaju ključnu pomoć trutovima bez koje ne bi mogli da privuku prave ženke.

Ove male pčele, koje žive samo u Južnoj Americi, imaju čudnu naviku. Brižljivo prikupljaju aromatične ili kakve druge smrdljive supstance i smeštaju ih u posebna spremišta prikačena za svoje uvećane stražnje noge. Različite vrste pčela prikupljaju ove supstance s cveća, mrtvog drveća, pa čak i sa izmeta. Prikupljenim „parfemima" izgleda, privlače ženke ili im se pomoću njih udvaraju. Mnogi insekti se služe posebnim mirisima kako bi se dopali suprotnom polu i većina ih proizvodi u specijalnim žlezdama. Na primer, ženke svilenih buba privlače mužjake s veoma velikih udaljenosti tako što emituju jedinstven miris koji one proizvode a mužjaci ga prepoznaju pomoću svojih antena - čak i u neznatnim tragovima, doslovno s nekoliko kilometara. Mužjaci pčele *Euglossine* koriste miris. I, za razliku od ženki svilenih buba, oni ne sintetizuju sopstveni miris. Sastojke koje su prikupili ne koriste kao čiste supstance nego kao pažljivo spravljene mešavine koje objedinjuju poput stručnjaka za mirise. Svaka vrsta pravi karakterističan koktel supstanci prikupljenih s različitih izvora. A nekim vrstama pčela *Euglossine* za proizvodnju osobenog karakterističnog mirisa neophodne su supstance koje mogu dobiti samo s cvetova određene vrste orhideja iz roda *Coryanthes* - vedraste orhideje. Uobičajeno ime za pčele *Euglossine* je „pčele orhideje"

Kakva zamršena slika međusobne zavisnosti. Orhidejama su potrebne pčele *Euglossine* da bi im poslužile kao „magični meci". A pčelama su potrebne orhideje iz još čudnijeg razloga. Naime, trutovi ne mogu da privuku pčele bez supstanci kojih je nemoguće ili u najmanju ruku teško pronaći - moraju se koristiti dobre usluge vedrastih orhideja. Ali, način na koji se obavlja oprašivanje još je čudniji i zbog njega trut pre podseća na žrtvu nego na ravnopravnog partnera.

Mužjaka pčele *Euglossine* privlače orhideje zbog mirisa supstanci koje su mu neophodne da bi proizveo sopstvene seksualne mirise. On aterira na obod vedra i počinje da prikuplja voštani parfem u specijalne džepove na svojim nogama. Ali, obod vedra je klizav i za to postoji razlog. Trut upada u vedro koje je ispunjeno tečnošću i u njoj pliva. Ne može da se uspne uza klizave zidove vedra. Postoji samo jedan izlaz, a to je naročita rupa veličine pčele na jednoj stranici vedra (ne vidi se na slici koja je na strani 4 u boji). Do rupe ga navode „kamenčići u vodi" i kroz nju počinje da puzi. Prolaz je tesan i postaje još tešnji kada se „čeljusti" sklope i ščepaju ga (možete ih videti na

slici: liče na vratilo struga ili električnu bušilicu). Dok truta drže prikleštenog, na leđu mu nalepe dva grumena polenske mase. Kad se lepak stegne, čeljusti se otvaraju i oslobađaju truta i on odleće s polenom na leđima. I dalje tražeći dragocene sastojke za svoju „parfimeriju", trut sleće na drugu vedrastu orhideju i proces se ponavlja. Ovoga puta, dok se trut bori da prođe kroz rupu u vedru, polen se odvaja i oplođuje žig tučka druge orhideje.

Prisna veza između cvetova i njihovih oprašivača lep je primer koevolucije - zajedničke evolucije. Koevolucija se često dešava između organizama koji mogu dobiti nešto jedan od drugog. To je ortakluk u kojem svaka strana daje doprinos onoj drugoj, a obe imaju korist od takve saradnje. Još jedan divan primer je skup međusobnih odnosa koji su se ispleli oko koralnih grebena, nezavisno u mnogim delovima sveta, između riba čistača i većih riba. Čistači su pripadnici različitih vrsta a neki čak nisu ni ribe već morski račići - lep primer konvergentne evolucije. Čišćenje je među ribama koralnih grebena dobro uspostavljen način života, poput lova, ispaše ili jedenja mrava među sisarima. Čistači se hrane prikupljenim parazitima koje skidaju s tela većih „klijenata". Da klijenti od toga imaju korist, elegantno je pokazano kada su svi čistači uklonjeni iz eksperimentalne oblasti grebena pa se zato pogoršalo zdravlje mnogih vrsta riba. Manir čišćenja razmatrao sam na više mesta tako da o njemu ovde neću više govoriti.

Koevolucija se uspostavlja i između vrsta koje nemaju uzajamnu korist, kao što su grabljivice i plen ili paraziti i njihovi domaćini. Ovakve vrste koevolucije ponekad se zovu „trke u naoružanju", no priču o njima ostaviću za poglavlje 12.

PRIRODA KAO SELEKTOR

Izvešću zaključak iz ovog i prethodnog poglavlja. Veštačkom selekcijom koju sprovode ljudi odgajivači, može se za svega nekoliko vekova pretvoriti poludivlji pas u pekinezera a divlji kupus u karfiol. Na osnovu razlike između bilo koje dve rase pasa stičemo grubu ideju o kvantitetu evolucione promene koji se može postići za manje od jednog milenijuma. Sledeće pitanje koje treba da postavimo glasi: u koliko milenijuma možemo smestiti čitavu istoriju života? Ako zamislimo samu količinu razlika koje su razdvojile poludivljeg psa od pekinezera, za šta je trebalo samo nekoliko vekova evolucije, koliko nas više vremena razdvaja od početka evolucije ili od nastanka sisara? Ili od vremena kada su ribe prešle na kopno? Odgovor je da

život nije započeo pre samo nekoliko vekova nego pre desetine miliona vekova. Izmerena starost naše planete je oko 4,6 milijardi godina, ili 46 miliona vekova. Od vremena kada je zajednički predak svih današnjih sisara hodao Zemljom, prošlo je otprilike dva miliona vekova. Jedan vek je prilično dug period za čoveka. Možete li zamisliti dva miliona vekova poslaganih jedan do drugog? Naša riba predak ispuzala je na kopno pre približno tri i po miliona vekova: što je oko dvadeset hiljada puta duže nego što je trebalo da se od zajedničkog pretka naprave sve različite - zaista veoma različite - rase pasa.

Imajte na umu približnu sliku o tome koliko ima razlika između pekinezera i poludivljeg psa. Ovde ne govorimo o preciznim merenjima: bilo bi isto tako prikladno da pomislite na razliku između bilo koje dve rase pasa, jer je među njima u proseku veštačkom selekcijom načinjena dupla količina promena u odnosu na zajedničkog pretka. S tim redom veličine evolucione promene na umu, ekstrapolirajte dvadeset hiljada puta dalje u prošlost. Biće vam tada prilično lako da prihvatite kako je evolucija iznedrila takvu količinu promena koje su transformisale ribu u čoveka.

Ali sve ovo važi pod uslovom da znamo starost Zemlje i različitih ključnih fosilnih ostataka. Ovo je knjiga o dokazima tako da ne mogu govoriti o datiranju a da za to nemam pokriće. Kako doista saznajemo starost bilo koje stene? Kako znamo koliko su stari fosili? Otkud znamo koliko je stara Zemlja? Najzad, kako znamo koliko je star kosmos? Potrebni su nam časovnici, a oni su tema narednog poglavlja.

POGLAVLJE 4

ČASOVNICI I SPORI HOD VREMENA

AKO poricatelji istorije koji sumnjaju u činjenicu o evoluciji ne znaju biologiju, oni koji misle da je svet nastao pre manje od deset hiljada godina gori su od neznalica, a njihova se zabluda graniči sa izopačenošću. Oni ne poriču samo činjenice iz biologije već i iz fizike, geologije, kosmologije, arheologije, istorije i hemije. Ovo poglavlje govori o tome kako utvrđujemo starost stena i fosila u njima. Ono je dokaz da se vremenska skala na kojoj se odvijao život na planeti Zemlji ne meri hiljadama, već desetinama miliona godina.

Setite se da su evolucioni biolozi u ulozi detektiva koji se pojavljuju na mestu zločina. Da bismo ustanovili kada se nešto dogodilo, oslanjamo se na tragove koje ostavljaju vremenski zavisni procesi - časovnici, u širem smislu. Kada istražuje ubistvo, detektiv će najpre zatražiti od doktora ili patologa da proceni vreme smrti. Iz te informacije može se mnogo toga zaključiti, a u detektivskim romanima procena patologa se gotovo mistično poštuje. „Vreme smrti" je osnovna činjenica, neupitni stožer oko kojeg se vrte manje ili više nategnute pretpostavke detektiva. Ali ta procena, naravno, može da bude pogrešna a greška je merljiva i ponekad veoma velika. Patolozi koriste razne vremenski zavisne procese kako bi procenili vreme smrti: telo se hladi karakterističnom brzinom, mrtvačka ukočenost (rigor mortis) nastupa nakon tačno određenog vremena i tako dalje. Ovi „časovnici" koji su dostupni istražiteljima ubistva prilično su grubi. Časovnici dostupni evolucionim biolozima mogu biti mnogo tačniji - naravno, u srazmeri s vremenskom skalom o kojoj je reč, a ne i tačniji do nivoa od sat vremena! Analogija s preciznim časovnikom uverljivija je za stenu u rukama geologa nego za leš

koji se hladi u rukama patologa.

Časovnici koje je čovek napravio rade na vremenskim skalama koje su kratke po evolucionim standardima - časovi, minuti, sekunde - a vremenski zavisni procesi koji upravljaju časovnicima su brzi: njihanje klatna, obrtanje opruge, oscilacije kristala, sagorevanje sveće, isticanje vode iz suda ili iz klepsidre, rotacija Zemlje (koju beleži sunčani časovnik). Svi časovnici rade na osnovu nekog procesa koji se odvija postojanom, poznatom brzinom. Klatno se njiše konstantnom brzinom koja zavisi od njegove dužine ali ne zavisi, bar u teoriji, od amplitude zamaha ili mase tega na kraju klatna. U velikim starinskim satovima klatno je povezano sa zapinjačom koja pokreće zupčanik, korak po korak; rotacija se potom pomoću zupčanika prenosi na rotaciju male kazaljke, velike kazaljke i sekundare. Mehanički satovi sa oprugom rade na sličan način. Digitalni časovnici imaju elektronski ekvivalent klatna - neku vrstu kristala koji osciluje kada se kroz njega propusti električna struja iz baterije. Vodeni časovnici i satovi-sveće mnogo su neprecizniji, ali su se koristili mnogo pre časovnika s brojačima. Oni prethodni, primitivniji, ne broje kao što to čini sat s klatnom ili digitalni časovnik, već mere količinu. Sunčani časovnici pokazuju vreme veoma neprecizno[18]. Rotacija Zemlje, što je vremenski zavisni proces na kome se oni zasnivaju, precizna je na vremenskoj skali sporijeg časovnika koji zovemo kalendar. To je zato što na ovoj vremenskoj skali nije reč o časovniku koji meri (sunčanik meri kontinuiranu promenu ugla pod kojom pada Sunčev zrak), već o časovniku koji broji (broji smenjivanja dana i noći).

I časovnici koji broje i časovnici koji mere dostupni su na neizmerno sporoj vremenskoj skali evolucije. Ali, kako bismo istraživali evoluciju nije nam dovoljan sat kao što je sunčani ili neki drugi časovnik koji pokazuje *sadašnje* vreme. Treba nam nešto poput štoperice na kojoj se vreme može *poništiti.* Naš evolucioni časovnik mora biti podešen na *nulu* u nekom trenutku kako bismo mogli da izračunamo vreme proteklo od početne tačke i dobili, na primer, apsolutnu starost objekta kao što je stena. Radioaktivni časovnici za datiranje eruptivnih (vulkanskih stena) podešavaju se na nulu u trenutku kada lava očvrsne i formira se.

Srećom, ima mnogo prirodnih satova koji se mogu podesiti na nulu. To mnoštvo je dobro jer možemo pomoću pojedinih satova proveriti tačnost drugih. Još je bolje to što njihova osetljivost pokriva neverovatno veliki opseg vremenskih skala, a to nam je takođe potrebno zato što se evolucione vremenske skale prostiru na sedam ili osam redova veličine. Vredi jasno

izgovoriti šta to znači. Red veličine je precizna kategorija. Promena od jednog reda veličine jeste jedno množenje (ili deljenje) brojem deset. Kako koristimo decimalni brojni sistem,[19] red veličine nekog broja je zapravo broj nula pre ili posle decimalnog zareza. Prema tome, opseg od osam redova veličine predstavlja uvećanje ili umanjenje od sto miliona puta. Sekundara se obrće 60 puta brže od velike kazaljke i 720 puta brže od male kazaljke časovnika te stoga sve tri kazaljke pokrivaju raspon koji je manji od tri reda veličine. To je neznatno naspram osam redova veličine kroz koje se proteže repertoar naših geoloških časovnika. Časovnici kojima se meri radioaktivno raspadanje mogu se upotrebiti za kratke vremenske skale, čak i za deliće sekunde; ali za istraživanje evolucije nisu potrebni brži satovi od onih koji mere vekove, ili možda decenije. Taj „brzi kraj spektra" prirodnih časovnika - godovi drveća i ugljenično datiranje - koristan je za arheološke namene, kao i za datiranje uzoraka na vremenskim skalama koje dosežu do početaka uzgajanja psa i kupusa. Na drugom kraju skale potrebni su prirodni satovi koji mere stotine miliona pa čak i milijarde godina. A priroda nas je, i na tome joj hvala, snabdela upravo širokim opsegom časovnika koji su nam potrebni. Pored toga, njihovi rasponi osetljivosti preklapaju se tako da ih možemo međusobno upoređivati i kontrolisati.

GODOVI DRVEĆA

Časovnik koji se zasniva na godovima drveta može se upotrebiti za utvrđivanje starosti komada drveta. Na primer, starost grede u kući iz doba Tjudora, sa iznenađujućom tačnošću, utvrđuje se doslovno u godinu. Evo kako on radi. Kao prvo, a to većina ljudi zna, starost nedavno isečenog drveta možete izmeriti tako što ćete prebrojati godove na njegovom panju, polazeći od toga da spoljni godovi označavaju sadašnje vreme. Godovi prikazuju diferencijalni rast drveta u različitim godišnjim dobima - zimi ili leti, u sušnoj ili kišnoj sezoni - i posebno su naglašeni na višim geografskim širinama gde je veća razlika između godišnjih doba. Srećom, ne morate seći drvo da mu izmerite starost. Možete da zavirite u njegove godove a da ga ne ubijete: probušićete rupu u sredini drveta i izvaditi uzorak stabla. Pukim prebrojavanjem godova nećete saznati kada je greda u vašoj kući ili katarka na vašem vikinškom brodu bila živa biljka. Ako želite da procenite godine starog, davno isečenog drveta morate biti suptilniji. Nemojte samo brojati

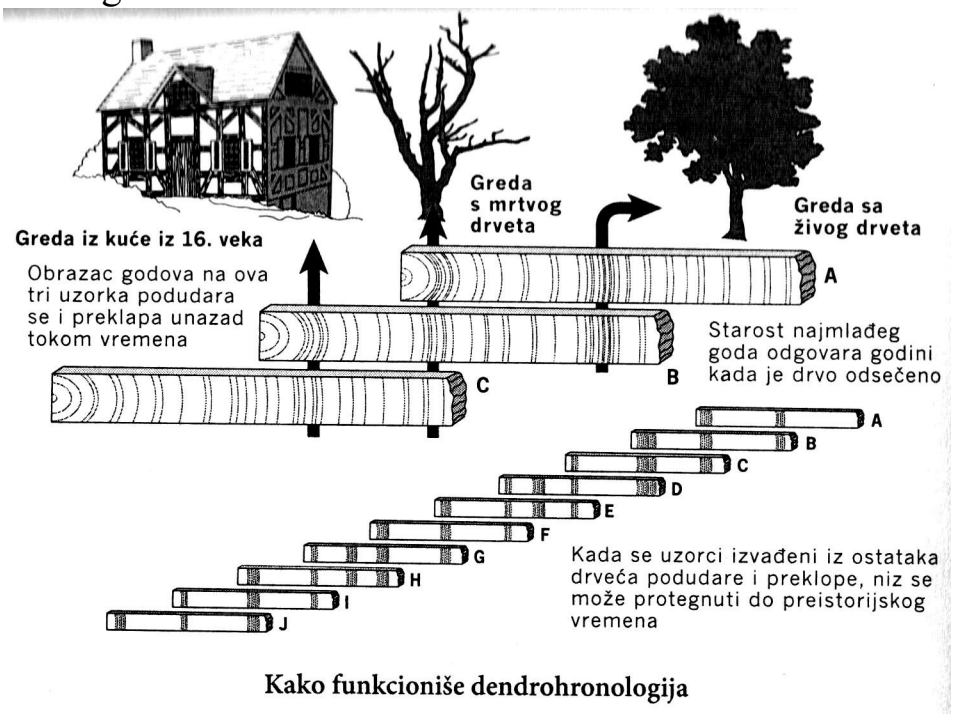
godove, već posmatrajte obrazac smenjivanja debelih i tankih godova.

Kao što godovi označavaju sezonske cikluse jačeg i slabijeg rasta, tako su i neke godine bolje od drugih pošto vreme varira iz godine u godinu: ponekad suše uspore rast a godine koje obiluju padavinama ga ubrzaju; ima hladnih i toplih godina pa čak i godina s čudovišnim oscilacijama kao što su one kad se desi fenomen kao El Ninjo ili katastrofa poput erupcije vulkana Krakatau. Za dobrih godina, sa stanovišta drveta, nastaju godovi širi od onih iz loših godina. A shema koju čine široki i uski godovi u nekom regionu, uzrokovana određenim nizom dobrih i loših godina, značajna je za nauku - to je otisak koji tačno ukazuje na godine u kojima su godovi nastajali, i prepoznaje se na svakom drvetu.

Dendrohronolozi mere godove mladog drveća kod kojih se zna tačan datum svakog goda, i to brojanjem unazad od godine kada je drvo isečeno. Na osnovu tih merenja oni prave referentnu kolekciju uzoraka godova, s kojima možete porediti obrasce godova na arheološkom uzorku drveta čiju starost želite da doznate. Shodno tome mogli biste dobiti sledeći izveštaj: „Ova greda iz kuće iz doba Tjudora ima sekvencu godova koja se podudara sa sekvencom iz referentne kolekcije za koju se zna da je nastala između 1541. i 1547. godine. Prema tome, kuća je sagrađena posle 1547.“

Međutim, nije mnogo današnjeg drveća bilo živo u doba Tjudora, a kamoli u kameno doba ili pre toga. Neke vrste borova ili džinovskih sekvoja žive hiljadama godina, ali većina drveća za građu seče se kada je mlađe od stotinak godina. Kako se, onda, pravi referentna kolekcija godova iz drevnih vremena? Iz tako davnih vremena kada nije postojao ni najstariji živi primerak dugovečnog bora? Mislim da već znate odgovor. Preklapanje. Snažan konopac može da bude dugačak i trideset metara a da nijedno vlakno u njemu ne dosegne ni delić te dužine. Da biste koristili princip preklapanja u dendrohronologiji, uzmite referentni otisak s novijeg drveća čija je starost poznata. Potom locirajte otisak starih godova novog drveća i potražite isti uzorak među mladim godovima starog i mrtvog drveća. Gledajte uzorke starijih godova na tom starom i mrtvom drveću i tražite isti obrazac u mlađim godovima još starijeg drveća i tako dalje. Lanac možete teoretski da produžite unazad milionima godina, koristeći okamenjeno drveće, iako se u praksi dendrohronologija primenjuje na arheološkim vremenskim skalama od nekoliko hiljada godina. A lepo je to što uz dendrohronologiju makar teoretski možete biti precizni u godinu, čak i kada proučavate skamenjeno drvo staro sto miliona godina. Bukvalno možete izjaviti da je *taj* god u

fosilnom ostatku drveta iz doba jure nastao tačno 257 godina kasnije nego *ovaj* drugi god na drugom drvetu iz doba jure! Da je samo dovoljno okamenjenog drveća za neprekinut lanac od sadašnjeg vremena, mogli biste biti još precizniji: ne samo što je ovo drvo iz poznog doba jure, nego je bilo živo tačno 151.432.657. godine pre nove ere! Nažalost, nije nam na raspolaganju neprekinut lanac i dendrohronologija nas vraća samo oko 11.500 godina unazad. Uprkos tome, mami nas ova činjenica: ako bismo samo našli dovoljno skamenjenog drveća, mogli bismo da utvrdimo njihovu starost s preciznošću od godinu dana u vremenskom intervalu od nekoliko stotina miliona godina.



Kako funkcioniše dendrohronologija

Godovi drveta nisu jedino merilo koje pokazuje potpunu tačnost do podeoka od godinu dana. Varve su slojevi sedimentnih tvorevina koje nastaju u glečerskim jezerima. Poput godova drveća i one variraju tokom godišnjih doba iz godine u godinu pa se teoretski može upotrebiti isti princip s jednakim stepenom tačnosti. Koralni grebeni, baš kao i drveće, imaju godove koji nastaju jednom godišnje. Na osnovu njih utvrđeni su datumi drevnih zemljotresa. I godovi drveća takođe nam ukazuju na datume zemljotresa. Većina drugih dostupnih sistema za datiranje, a među njima su i radioaktivni satovi koje koristimo za vremenske skale od desetina miliona, stotina miliona ili milijardi godina, precizni su samo unutar opsega greške koja je približno proporcionalna vremenskoj skali.

RADIOAKTIVNI ČASOVNICI

Pređimo sada na radioaktivne časovnike. Ima ih mnogo i, kao što sam rekao, pokrivaju opseg od vekova do desetina miliona godina. Svaki časovnik ima sopstvenu marginu greške koja obično iznosi oko jedan procenat. Prema tome, ukoliko datirale stenu staru nekoliko milijardi godina, moraćete da se zadovoljite greškom od plus ili minus nekoliko desetina miliona godina. Kad datirale stenu staru nekoliko stotina miliona godina pomirićete se s greškom koja se meri milionima godina. Ako datirale stenu koja je stara samo nekoliko desetina miliona godina, računaćete na grešku od plus ili minus nekoliko stotina hiljada godina.

Da bismo razumeli kako rade radioaktivni časovnici, najpre moramo shvatiti šta su radioaktivni izotopi. Materija je sastavljena od elemenata koji se najčešće hemijski kombinuju s drugim elementima. Ima oko sto elemenata, nešto više ako pribrojite i elemente koji su detektovani samo u laboratorijama, a nešto manje ako računate samo one koji se nalaze u prirodi. Primeri elemenata su ugljenik, gvožđe, azot, aluminijum, magnezijum, fluor, argon, hlor, natrijum, uranijum, olovo, kiseonik, kalijum i kalaj. Prema atomskoj teoriji koju, rekao bih, svako prihvata kao tačnu, čak i kreacionisti, svaki element ima karakterističan atom - najmanju česticu do koje možete deliti element, a da on i dalje očuva sva svojstva. Kako izgleda atom, na primer, olova ili atom bakra ili ugljenika? Pa, svakako da uopšte nije nalik olovu ili bakru ili ugljeniku. On zapravo ne liči ni na šta, jer je suviše mali da bi formirao ikakvu sliku na vašoj mrežnjači čak i kada gledate kroz snažan mikroskop. Međutim atom možemo vizuelizovati na osnovu analogija i modela. Tvorac najčuvenijeg modela je veliki danski fizičar Nils Bor. Borov model atoma, koji je sada zastareo, predstavlja minijaturni Sunčev sistem. Ulogu Sunca igra jezgro oko kojeg kruže elektroni - planete. Kao i u Sunčevom sistemu, skoro svu masu atoma čini jezgro („Sunce”) a gotovo sva zapremina atoma nalazi se u praznom prostoru koji razdvaja elektrone („planete”) od jezgra. Svaki elektron je sićušan u poređenju s jezgrom, a prostor između elektrona i jezgra ogroman je naspram njihovih veličina. Jedna omiljena analogija prikazuje jezgro kao muvu usred sportskog stadiona. Najbliže jezgro je druga muva na sredini susednog stadiona. Elektroni svakog atoma zuje po orbiti oko njihovih mušica, manji od najmanjih komaraca, premali da bi se mogli videti na istoj razmeri kao i muve. Kada posmatramo komad gvožđa ili stenu, mi zaista „gledamo” u

skoro sasvim prazan prostor. Čini nam se da je ispunjen i neprovidan zato što je našim čulima i mozgovima pogodno da ga tako doživljavaju. Mozgu je zgodno da stenu predstavi kao čvrsto ispunjeno telo jer kroz nju ne možemo da prođemo. Kao „čvrste" doživljavamo stvari kroz koje ne možemo proći ili propasti zbog elektromagnetskih sila između njihovih atoma. Neprovidnost je ono što doživljavamo kada se svetlost odbije od površine objekta i ne prođe kroz njega.

Borov model atoma sastoji se od tri vrste čestica. Elektrone smo već pomenuli. Druge dve, mnogo veće od elektrona ali i dalje sićušnije od bilo čega što možemo zamisliti ili iskusiti našim čulima, nazivaju se protoni i neutroni i nalaze se u jezgru. Oni su skoro isti po veličini. U bilo kom elementu, broj protona je uvek jednak broju elektrona. Ovaj broj se naziva atomski broj. On je jedinstveno svojstvo elementa i nema praznina na spisku atomskih brojeva - poznatom Periodnom sistemu elemenata.[20] Svaki broj u nizu odgovara tačno jednom i samo jednom elementu. Element sa atomskim brojem jedan je vodonik, dva je helijum, tri je litijum, četiri je berilijum, pet je bor, šest ugljenik, sedam azot, osam kiseonik i tako dalje sve do velikih brojeva poput 92 što je atomski broj uranijuma.

Protoni i elektroni imaju naelektrisanja suprotnog znaka - po konvenciji, zajedno kažemo da je pozitivno a za drugo da je negativno. Ta naelektrisanja su važna kada elementi međusobno prave hemijske veze, najčešće posredstvom elektrona. Neutroni se nalaze u jezgru atoma, zajedno s protonima. Za razliku od protona, oni nisu naelektrisani i nemaju ulogu u hemijskim reakcijama. Protoni, neutroni i elektroni potpuno su isti u svakom elementu. Ne postoji proton zlata ili elektron bakra ili neutron kalijuma. Proton je proton, i ono što atom bakra čini bakrom jesu 29 protona i 29 elektrona. Naša uobičajena predstava o prirodi bakra stvar je hemije. Hemija je ples elektrona. Ona je sva u interakcijama atoma posredstvom njihovih elektrona. Hemijske veze lako se raskidaju i ponovo uspostavljaju, zato što se samo elektroni odvajaju ili razmenjuju u hemijskim reakcijama. Privlačne sile u atomskom jezgru mnogo je teže savladati. Zato cepanje atoma tako preteće zvuči. Ali ono se ne dešava u hemijskim reakcijama nego u nuklearnim reakcijama na kojima se zasnivaju radioaktivni časovnici.

Elektroni imaju zanemarljivu masu, pa je ukupna masa atoma, njegov „maseni broj", jednaka zbiru broja protona i neutrona. Obično je veća od dvostruke vrednosti atomskog broja, zato što u jezgru najčešće ima više neutrona nego protona. Za razliku od broja protona, broj neutrona u atomu

nije nepromenljivo svojstvo elementa. Postoje različite verzije atoma elemenata; one se nazivaju *izotopi* i imaju različite brojeve neutrona ali uvek isti broj protona. Neki elementi, na primer fluor, imaju samo jedan prirodni izotop. Atomski broj fluora je 9 a njegov maseni broj je 19 pa možete zaključiti da on ima 9 protona i 10 neutrona. Drugi elementi imaju mnogo izotopa. Olovo se obično nalazi u 5 izotopa. Svi imaju isti broj protona (i elektrona) koji iznosi 82, što je atomski broj olova, ali maseni brojevi su u rasponu od 202 do 208. Ugljenik ima tri izotopa koja se javljaju u prirodi. C-12 je najčešći i ima 6 neutrona i protona. Postoji i ugljenik C-13 koji je kratkoživući i njime se nećemo baviti, i ugljenik C-14 koji je redak ali ne toliko da ga ne bismo koristili za datiranje relativno mladih organskih uzoraka, što ćemo i videti.

Sada je na redu važna osnovna činjenica. Neki izotopi su stabilni, a drugi su nestabilni. Olovo-202 je nestabilan izotop; olovo-204, olovo-206, olovo-207 i olovo-208 jesu stabilni izotopi. „Nestabilan" znači da se atomi nekog elementa spontano raspadaju i postaju atomi drugog elementa predvidljivom brzinom ali ne i u predvidljivim momentima. Predvidljivost stope raspada je ključna za sve radiometrijske časovnike. Druga reč za „nestabilan" je „radioaktivan" Postoji nekoliko vrsta radioaktivnog raspada koji se mogu koristiti kao časovnici. Za naše potrebe nije neophodno razumeti kako oni rade, ali ja ću ih ipak objasniti da bih pokazao do kojih su detalja fizičari proučili ovakve procese. Ti detalji izvrgavaju ruglu očajničke pokušaje kreacionista da umanje značaj dokaza na osnovu radioaktivnog datiranja i održe Zemlju mladom kao što je Petar Pan.

Za sve vrste nestabilnosti odgovorni su neutroni. U jednoj od njih neutron se pretvara u proton. To znači da maseni broj ostaje isti (budući da protoni i neutroni imaju istu masu) a atomski broj povećava se za jedan pa atom postaje drugačiji element, za jedan stepenik viši u periodnom sistemu. Primera radi, natrijum-24 može da se pretvori u magnezijum-24. U drugoj vrsti radioaktivnog raspada događa se obrnuto. Proton se pretvara u neutron. I toga puta maseni broj ostaje isti ali se atomski broj smanjuje za jedan i atom postaje sledeći element nadole u Periodnom sistemu. Treća vrsta radioaktivnog raspada daje isti rezultat. Zalutali neutron pogodi jezgro, izbije jedan proton i zauzme njegovo mesto. Ponovo nema promene masenog broja; opet se atomski broj smanjuje za jedan a atom prelazi u sledeći element nadole u Periodnom sistemu. Postoji složenija vrsta raspada u kojoj atom emituje alfa-česticu. Alfa-čestica se sastoji od dva protona i dva neutrona. To

znači da se maseni broj smanjuje za četiri a atomski broj se smanjuje za dva. Atom se menja i postaje element koji je za dva mesta niže u Periodnom sistemu. Primer alfa raspada je promena visokoradioaktivnog izotopa uranijuma-238 (sa 92 protona i 146 neutrona) u torijum-234 (sa 90 protona i 144 neutrona).

Sada se približavamo suštini priče. Svaki nestabilni ili radioaktivni izotop raspada se sopstvenom karakterističnom stopom koja je precizno utvrđena. Pored toga, neke stope mnogo su manje nego druge. U svim slučajevima, raspad je eksponencijalan. To znači sledeće: ako raspad počnete s, recimo, 100 grama radioaktivnog izotopa, neće se dogoditi da se fiksna količina, na primer 10 grama, pretvori u drugi element za dato vreme. Umesto toga, fiksna *razmera* onoga što je ostalo pretvara se u drugi element. Uobičajena mera stope raspada je „poluživot" (ili vreme poluraspada). Poluživot radioaktivnog izotopa je vreme za koje se raspadne polovina njegovih atoma. Poluživot je isti, koliko god se atoma raspalo - zbog toga raspad jeste eksponencijalan. Shvatićete da nakon uzastopnog prepolovljavala nikada ne znamo kada je sva količina prvobitnog elementa potrošena. Ali, možemo reći ovo: nakon što protekne dovoljno vremena - deset poluživota, na primer - ostaje toliko malo atoma da ih realno uopšte i nema. Na primer, poluživot ugljenika-14 je između pet i šest hiljada godina. Uzorke koji su stari oko pedeset do šezdeset hiljada godina, beskorisno je datirati ugljenikom pa treba da izaberemo sporiji časovnik.

Poluživot rubidijuma-87 je 49 milijardi godina, poluživot fermijuma-244 je 3,3 milisekunde. Ovakvi zaprepašćujući ekstremi trebalo bi da dočaraju ogroman opseg časovnika koji su nam na raspolaganju. Iako je poluživot ugljenika-15, koji iznosi 2,4 sekunde, isuviše kratak za odgovore na pitanja o evoluciji, poluživot ugljenika-14 od 5730 godina potaman je za datiranje na arheološkoj skali i o tome ćemo uskoro reći nešto više. Na evolucionoj vremenskoj skali često se koristi izotop kalijum-40 čiji poluživot iznosi 1,26 milijardi godina a ja ću ga koristiti kao primer da objasnim koncept radioaktivnog časovnika. Ovaj časovnik često se naziva kalijum-argonski časovnik zato što je argon-40, za jedan stepenik niže u Periodnom sistemu, jedan od dva elementa u koji kalijum-40 prelazi raspadom (drugi, koji je ishod drugačije vrste radioaktivnog raspada, jeste kalcijum-40 i on je za jedan stepenik više u Periodnom sistemu). Ukoliko raspad započnete s nekom količinom kalijuma-40, posle 1,26 milijardi godina polovina kalijuma-40 raspadom će postati argon-40. Eto, to je poluživot. Nakon sledećih 1,26

milijardi godina, raspašće se polovina ostatka (četvrtina prvobitne vrednosti) i tako dalje. Nakon vremena koje je kraće od 1,26 milijardi godina, raspašće se srazmerno manja količina prvobitnog kalijuma. Dakle, zamislite da ste stavili neku količinu kalijuma-40 u zatvoren prostor bez argona-40. Kada prođe nekoliko stotina miliona godina, naučnik ulazi u isti zatvoren prostor i meri odnos kalijuma-40 i argona-40. Kad se zna trajanje poluživota kalijuma-40 i uz pretpostavku da na početku nije bilo argona, iz tog odnosa može se proceniti koliko je vremena proteklo od početka procesa - od trenutka kada je, drugim rečima, časovnik bio na nuli. Obratite pažnju na to da moramo znati odnos izotopa roditelja (kalijum-40) prema izotopu potomku (argon-40). Osim toga, kao što smo videli ranije u ovom poglavlju neophodno je da naš časovnik može biti postavljen na nulu. Ali šta znači to da je radioaktivni časovnik postavljen „na nulu”? Odgovor je u procesu kristalizacije.

Krto i u svim drugim radiometrijskim metodama merenja koje koriste geolozi, kalijum-argonsko merenje vremena zasniva se na eruptivnim stenama. Ime su dobile po latinskoj reči za vatru. Nastaju očvršćavanjem istopljenih stena - granit od podzemne magme, bazalt od lave iz vulkana. Kada istopljena stena očvrsne i formira granit ili bazalt, nastaju kristali. Kristali obično nisu veliki, prozirni, poput kvarca već su isuviše mali da bi se golim okom videla njihova priroda. Ima raznih vrsta kristala, a pojedini kao što su liskuni (mikašisti), sadrže atome kalijuma. Među njima su i atomi radioaktivnog izotopa kalijum-40. Prilikom formiranja kristala, kada istopljena lava prelazi u čvrsto stanje, ona sadrži kalijum-40 ali ne sadrži argon. Časovnik se postavlja na nulu što znači da nema atoma argona u kristalu. Kako prolaze milioni godina, kalijum-40 se polako raspada i, jedan po jedan, atomi argona-40 zamenjuju atome kalijuma-40 u kristalu. Akumulirana količina argona-40 mera je proteklog vremena od trenutka nastanka stene. Međutim, zbog razloga koji sam upravo objasnio, ta vrednost značajna je samo ako je izražena kao odnos kalijuma-40 i argona-40. Kada je časovnik podešen na nulu, odnos je bio 100% u korist kalijuma-40. Nakon 1,26 milijardi godina, odnos će biti 50:50. Nakon sledećih 1,26 milijardi godina, polovina preostalog kalijuma-40 biće konvertovana u argon-40 i tako dalje. Međuodnosi označavaju međuvremena od momenta kada je kristalni časovnik postavljen na nulu. Prema tome, kad savremeni geolozi izmere odnos kalijuma-40 i argona-40 u pronađenom komadu vulkanske stene mogu odrediti kad je stena kristalizovana iz tečnog stanja. Vulkanske stene obično sadrže mnogo različitih radioaktivnih izotopa, a ne samo kalijuma-40. Srećna

pogodnost je to što vulkanske stene prelaze u čvrsto stanje odjednom, tako da se *svi* časovnici u nekom komadu stene istovremeno postavljaju na nulu.

Samo vulkanske stene sadrže radioaktivne časovnike, ali u njima gotovo nikad ne nalazimo fosile. Fosili nastaju u sedimentnim stenama, kao što su krečnjak i peščar, koje nisu očvrsnuta lava. One su slojevi blata ili mulja ili peska koji su se postepeno taložili na dnu mora, jezera ili rečnog rukavca. Pesak ili blato s vremenom se zgusnuo i očvrsnuo poput stene. Od leševa životinja u blatu mogu nastati fosili. Premda se relativno malo životinjskih leševa fosilizuje, jedino sedimentne stene sadrže fosile vredne pomena.

Nažalost, sedimentne stene ne mogu se radiometrijski datirati. Ali, pojedinačne čestice mulja ili peska koje čine sedimentne stene verovatno sadrže kalijum-40 i druge radioaktivne izotope te se može reći da imaju i radioaktivne časovnike; nažalost, ti časovnici su beskorisni jer nisu valjano podešeni na nulu ili nisu svi u istom trenutku podešeni na nulu. Čestice peska koji se zgusnuo u peščar možda su potekle od vulkanskih stena ali te su stene očvrsnule u različitim trenucima. Svako zrno peska ima časovnik koji je podešen na nulu po sopstvenom vremenu a to vreme je verovatno bilo mnogo ranije nego što je sedimentna stena formirana i postala grobnica fosila koje pokušavamo da datiramo. Prema tome, kada je reč o merenju vremena, sedimentne stene su u potpunom neredu. Nisu ni od kakve koristi. Najviše što možemo - a to je zaista najviše - jeste da datiramo vulkanske stene koje su pronađene pored sedimentnih stena ili su u njih ugrađene.

Da biste datirali fosil, on ne mora bukvalno biti umetnut između dve kriške vulkanske stene, iako bi to bio zgodan način da se ilustruje princip datiranja. Metod koji se koristi mnogo je prefinjeniji. Sličnih slojeva sedimentnih stena ima širom sveta. Mnogo pre nego što je otkriveno radiometrijsko datiranje, slojevi su identifikovani i imenovani: kambrija, ordovik, devon, jura, kreda, eocen, oligocen, miocen. Devonske sedimentne stene prepoznatljivo su devonske ne samo u Devonu (okrug na jugozapadu Engleske po kome je sloj devon nazvan) već i u drugim delovima sveta. One su slične jedna drugoj i sadrže slične fosile. Geolozi već dugo znaju *poredak* po kome su se ti imenovani sedimenti taložili. Ali, pre otkrića radioaktivnih časovnika nismo znali *kada* su se taložili. Mogli smo ih složiti po redosledu zato što je očigledno da stariji sedimenti leže ispod mlađih sedimenata. Devonski sedimenti su, na primer, stariji od karbonskih (nazvanih po uglju koji se često nalazi u karbonskim slojevima) a to znamo zato što devonski sloj leži ispod karbonskog sloja, u onim delovima sveta gde pronalazimo

pomenuta dva sloja (izuzeci od ovog pravila uočavaju se na mestima gde na osnovu dokaza vidimo da su se stene nagnule ili su se čak obrnule naopako). Do sada nismo našli kompletan niz slojeva od kambrije na dnu do skorašnjih sedimenata na vrhu. No, zbog toga što su slojevi tako prepoznatljivi, možete proračunati njihovu relativnu starost na osnovu slagalice koju čine uzorci prikupljeni širom sveta.

Prema tome, mnogo pre nego što smo znali starost fosila znali smo redosled kojim su se taložili, ili barem redosled kojim su se imenovani sedimenti taložili. Znali smo da su kambrijski fosili stariji od fosila iz perioda ordovika, koji su stariji od silurskih; potom dolaze devonski, onda karbonski, permski, fosili iz perioda trijasa, jure, krede i tako dalje. Unutar tih glavnih imenovanih slojeva geolozi razlikuju i podregione: gornjojurski, srednjojurski, donjojurski i tako dalje.

Imenovani slojevi obično se prepoznaju po fosilima koje sadrže. A mi ćemo koristiti poredak fosila kao dokaz za evoluciju! Preti li nam zato opasnost da uđemo u kružni argument? Svakako da ne. Razmislite o tome. Kambrijski fosili karakteristična su nakupina koja se nepogrešivo prepoznaje kao kambrijska. Na trenutak ćemo koristiti karakterističnu nakupinu fosila kao oznaku za kambrijske stene - indikator vrste - ma gde da ih pronađemo. Zbog toga, zapravo, naftne kompanije upošljavaju stručnjake za fosile kako bi identifikovali određene slojeve stena najčešće na osnovu mikrofosila, sićušnih stvorenja koja se zovu, na primer, foraminifera ili radiolarija.

Odgovarajući spisak fosila koristi se za prepoznavanje ordovičkih stena, devonskih stena i drugih. Za sada te fosilne nakupine koristimo samo da bismo identifikovali da li je kriška stene recimo iz perma ili silura. Sada ćemo koristiti redosled po kome su se imenovani slojevi taložili - a saznali smo ga na osnovu prikupljenih ulančanih uzoraka iz celog sveta - za određivanje koji su slojevi mlađi, a koji stariji. Pošto smo uspostavili ova dva skupa podataka, možemo uporediti fosile u uzastopno mlađim slojevima da vidimo čine li oni smisleni evolucioni niz. Da li uočavamo progres u nekom pravcu koji ima smisla sa evolucionog stanovišta? Pojavljuju li se određene vrste fosila, poput sisara, samo nakon nekog datuma, a nikako pre? Odgovori na ova pitanja su potvrdni. Uvek potvrdni. Bez izuzetka. To je snažan dokaz za evoluciju jer ona nije neophodna činjenica, nešto što mora da sledi iz našeg metoda prepoznavanja slojeva i metoda određivanja hronološkog poretka slojeva.

Činjenica je da doslovno ništa što bi se i približno moglo nazvati sisarom nikada nije pronađeno u devonskoj steni niti u ma kom drugom starijem

sloju. Fosili sisara nisu samo statistički ređi u devonskim nego u kasnijim stenama. Oni se doslovno nikada ne pojavljuju u stenama starijim od određenog datuma. Međutim, to nije moralo tako biti. Moglo se dogoditi da u sve dubljim i dubljim slojevima, od devonskih preko silurskih i još starijih, pa preko ordovičkih, odjednom otkrijemo kako period kambrije - stariji od svih ostalih - vrvi od sisara. Zapravo, to nećemo naći, ali dok postoji takva mogućnost, ne može se reći da je argument kružni: u bilo kom trenutku neko bi mogao da iskopa sisara iz kambrijske stene i teorija evolucije bi se istog časa raspala. Drugim rečima, teorija evolucije se može opovrgnuti, i ona je baš zato naučna teorija. Ovome ću se vratiti u poglavlju 6.

Pokušaji kreacionista da objasne fosile često se pretvaraju u komediju. Kažu nam da je Nojev potop ključ za razumevanje poretka u kome nalazimo fosile glavnih životinjskih grupa. Evo citata neposredno s nagrađivane kreacionističke Web lokacije.

Redosled fosila u geološkim slojevima pokazuje sledeće:

(i) BESKIČMENJACI (spore morske životinje) nestali bi prvi, a pratile bi ih pokretljive ribe koje bi bile zatrpane muljem od potopa.

(ii) AMFIBIJE (blizu mora) iščezle bi čim bi se podigao nivo vode.

(iii) REPTILI (spore kopnene životinje) izumrli bi sledeći.

(iv) SISARI bi mogli da pobegnu od podizanja nivoa vode pri čemu bi veći i brži sisari najduže opstali.

(v) ČOVEK bi pokazao najveću dovitljivost - držao bi se za balvane i nešto slično, da se spase od poplave.

Ovaj niz je savršeno zadovoljavajuće objašnjenje redosleda po kome se različiti fosili nalaze u slojevima. To nije redosled kojim su oni evoluirali već redosled kojim su poplavljeni za vreme Nojevog potopa.

Na stranu svi drugi razlozi zbog kojih bismo mogli prigovoriti tom izuzetnom objašnjenju, ali može postojati samo *statistička* tendencija da sisari, na primer, *u proseku* bolje izmaknu nadolazećoj vodi nego reptili. Ali, kako bi i trebalo da očekujemo po teoriji evolucije, doslovno *nema* sisara u nižim slojevima geoloških zapisa. I da ponovim, teorija „bekstva od poplave”

predvidela bi statističko smanjivanje broja pronađenih fosila.

Vraćamo se datiranju i radioaktivnim satovima. Kako je relativni redosled imenovanih sedimentnih slojeva dobro poznat i isti redosled nalazimo širom sveta, možemo datirati imenovane sedimentne slojeve a samim tim i fosile u njima po vulkanskim stenama koje prekrivaju sedimentne slojeve ili su ispod njih ili su u njih ugrađene. Usavršimo li ovaj metod, možemo tvrditi da su fosili koji se nalaze blizu vrha, recimo karbonskog sloja ili sloja iz doba krede, mlađi od fosila koji su ispod njih a u istom sloju. Ne moramo tražiti nikakvu vulkansku stenu u okolini mesta nalazišta fosila kojeg želimo da datiramo. Možemo navesti, na primer, da je naš fosil iz perioda kasnog devona na osnovu njegovog položaja u devonskom sloju. A na osnovu radiometrijskog datiranja vulkanskih stena iz devonskih slojeva po celom svetu znamo da se devon završio pre oko 360 miliona godina.

Kalijum-argonski časovnik jedan je mnogih koji su na raspolaganju geolozima a svi rade po istom principu na različitim vremenskim skalama. U vrhu sledeće stranice prikazana je tabela časovnika u rasponu od sporih do brzih. Uočite još jednom zadivljujući opseg poluživota od 49 milijardi godina na sporom kraju, do manje od šest hiljada godina na brzom kraju. Brži časovnici kao što je ugljenik-14 rade na nešto drugačiji način zato što je neophodno da se drugačije kalibrišu na nulu. U izotopima s kratkim poluživotom, svi atomi koji su u njima bili kada je nastala Zemlja, odavno su iščezli. Pre objašnjenja kako se datira pomoću ugljenika, vredi zastati i razmotriti još jedan dokaz u prilog stare Zemlje, planete čija se starost meri milijardama godina.

Nestabilan izotop	Raspada se u	Poluživot (godina)
Rubidijum-87	Stroncijum	49.000.000.000
Renijum-187	Osmijum-187	41.600.000.000
Torijum-232	Olovo-208	14.000.000.000
Uranijum-238	Olovo-206	4.500.000.000
Kalijum-40	Argon-40	1.260.000.000
Uranijum-235	Olovo-207	704.000.000
Samarijum-147	Neodijum-143	108.000.000
Jod-129	Ksenon-129	17.000.000
Aluminijum-26	Magnezijum-26	740.000
Ugljenik-14	Azot-14	5.730

Radioaktivni časovnici

Od svih elemenata koji se pojavljuju na Zemlji, 150 su stabilni izotopi a

158 nestabilni, što znači da ih je ukupno 308. Od 156 nestabilnih, 121 je ili iščezao ili postoji samo zato što se stalno obnavlja kao ugljenik-14 (što ćemo uskoro videti). Ako razmotrimo 37 elemenata koji nisu iščezli, uočićemo nešto značajno. Baš svaki od njih ima poluživot duži od 700 miliona godina. A poluživot baš svakog iz grupe onih 121 koji su iščezli kraći je od 200 miliona godina. Uzgred, nemojte dozvoliti da padnete u zabludu. Setite se da govorimo o poluživotu, ne o životu! Pomislite na sudbinu izotopa čiji je poluživot 100 miliona godina. Izotopi čiji je poluživot kraći od približno jedne desetine starosti Zemlje praktično su iščezli i postoje samo u specijalnim uslovima. Sa izuzecima koji postoje iz specijalnih razloga koje razumemo, jedini izotopi koje nalazimo na Zemlji jesu oni čiji je poluživot dovoljno dug da bi preživeli na veoma staroj planeti. Ugljenik-14 jedan je od pomenutih izuzetaka a izuzetan je zbog zanimljivog svojstva da se neprestano dopunjava. Uloga ugljenika-14 kao časovnika stoga se mora tumačiti na drugačiji način nego što razumemo ulogu dugoživućih izotopa. A pogotovo, šta znači podesiti časovnik na nulu?

UGLJENIK

Od svih elemenata, ugljenik je suštinski neophodan za život - bez njega je teško i zamisliti život na bilo kojoj planeti. Razlog je izuzetna sposobnost ugljenika da formira lance i prstenove i drugu složenu molekularnu arhitekturu. Ugljenik ulazi u lanac ishrane preko fotosinteze, procesa u kome zelene biljke uzimaju molekule ugljen-dioksida iz atmosfere i koriste energiju Sunčeve svetlosti da kombinuju atome ugljenika i vode i naprave šećer. Sav ugljenik u nama i u svim drugim živim bićima u krajnjoj liniji dolazi iz ugljen-dioksida u atmosferi, preko biljaka. I neprestano se iznova vraća u atmosferu: kada izdahnemo vazduh, izbacimo telesne izlučevine i kada umremo.

Najveća količina ugljenika u ugljen-dioksidu iz atmosfere jeste ugljenik-12 koji nije radioaktivan. Ali, otprilike jedan od bilion atoma ugljenika je ugljenik-14 koji jeste radioaktivan. Budući da njegov poluživot iznosi 5730 godina, on se brzo raspada, u azot-14, što ćemo i videti. Biohemija biljaka je „slepa" za razliku između ova dva ugljenika. Za biljku, ugljenik je ugljenik. Zato biljke uzimaju iz atmosfere ugljenik-14 zajedno sa ugljenikom-12 i ugrađuju te dve vrste ugljenikovih atoma u šećere u istom odnosu u kome oni postoje u atmosferi. Ugljenik koji je preuzet iz atmosfere (zajedno sa istom

proporcijom atoma ugljenika-14) brzo se (u poređenju sa poluživotom ugljenika-14) širi lancem ishrane jer biljke jedu biljojedi, biljojede jedu mesožderi i tako dalje. Sva živa bića, bilo da su to biljke ili životinje, imaju približno istu razmeru ugljenika-12 i ugljenika-14, a tu razmeru nalazimo u atmosferi. Kada je časovnik podešen na nulu? U trenutku kada živo stvorenje, životinja ili biljka, ugine. U tom trenutku ono je odvojeno od lanca ishrane i od unošenja svežeg ugljenika-14 preko biljaka iz atmosfere. Kako vekovi prolaze, ugljenik-14 u lešu ili komadu drveta ili parčetu odeće ili u nečem drugom, postojano se raspada u azot-14. Shodno tome, odnos ugljenika-14 i ugljenika-12 u uzorku postepeno sve više i više opada ispod standardnog odnosa koji je u živim bićima isti kao i u atmosferi. Naposletku će ostati samo ugljenik-12 ili, preciznije, količina ugljenika-14 biće nemerljivo mala. Na osnovu odnosa ugljenika-12 i ugljenika-14 može se proračunati vreme proteklo od trenutka kada je smrt odvojila neko živo biće od lanca ishrane i razmene gasova sa atmosferom.

Dobro, ali sve to dejstvuje samo zbog toga što se zalihe ugljenika-14 u atmosferi stalno dopunjuju. Bez toga bi ugljenik-14 koji ima kratak poluživot odavno nestao sa Zemlje zajedno sa svim drugim kratkoživućim prirodnim izotopima. Ugljenik-14 poseban je po tome što ga neprestano prave kosmički zraci koji bombarduju azot u gornjim slojevima atmosfere. Azot je najrasprostranjeniji gas u atmosferi i njegov maseni broj je 14, što je maseni broj ugljenika-14. Razlika je u tome što ugljenik-14 ima šest protona i osam neutrona dok azot-14 ima sedam protona i sedam neutrona (setite se da neutroni imaju približno istu masu kao i protoni). Čestice kosmičkih zraka pogađaju proton u jezgru azota i pretvaraju ga u neutron. Kada se to dogodi, atom postaje ugljenik-14 pošto je ugljenik za jedan stepenik niže od azota u Periodnom sistemu elemenata. Stopa konverzija približno je ista iz veka u vek i zbog toga se datira pomoću ugljenika. Stopa zapravo nije potpuno nepromenljiva pa je dobro da to na neki način kompenzujemo. Srećom, imamo tačnu kalibraciju na osnovu zaliha ugljenika-14 u atmosferi koje možemo uzeti u obzir kako bismo poboljšali preciznost datiranja. Setite se da za približno isti vremenski opseg koji pokriva datiranje ugljenikom imamo alternativni metod datiranja drvetom - dendrohronologijom - koja je tačna u godinu. Upoređivanjem uzoraka drveta datiranih ugljenikom i onog čija je starost utvrđena pomoću godova, možemo kalibrisati grešku u datiranju ugljenikom. Potom, možemo primeniti ta kalibraciona merenja na organske uzorke za koje nemamo podatke dobijene iz godova drveća (a to je većina

uzoraka).

Datiranje ugljenikom relativno je novo otkriće iz 40-tih godina prošlog veka. U početku su značajne količine organskog materijala bile neophodne za postupak datiranja. Docnije je, sedamdesetih godina prošlog veka, tehnika po imenu masena spektrometrija prilagođena ugljeničnom datiranju, što je omogućilo da se koriste male količine organskog materijala. To je izazvalo preokret u arheološkom datiranju. Najslavniji primer je Torinski pokrov. Ovaj čuveni komad tkanine izgleda kao da je na njega ne zna se kako utisnuta slika bradatog, raspetog čoveka, pa su se mnogi ponadali da ovaj pokrov možda potiče iz vremena Isusa Hrista. Prvi istorijski zapis o Torinskom pokrovu pronađen je u Francuskoj, sredinom 14. veka, i niko ne zna šta je s njim bilo pre toga. U Torinu je od 1578. godine, a pod nadzorom Vatikana je od 1983. Kada je postalo moguće da se masenom spektrometrijom datira sićušan uzorak pokrova, a ne veliki isečci koji su ranije bili neophodni za proceduru datiranja, Vatikan je dozvolio da se s pokrova iseče mala traka. Traka je podeljena u tri dela koji su poslati trima vodećim laboratorijama u Oksfordu, Arizoni i u Cirihu, specijalizovanim za ugljenično datiranje. Radeći potpuno nezavisno jedna od druge - bez upoređivanja podataka - naučnici iz tri laboratorije objavili su procene o datumu kada je lan od koga je uzorak izatkan prestao da bude živa biljka. Oksford je rekao 1200. godine, Arizona 1304. a Cirih 1274. godine. Svi ovi datumi su - unutar normalne margine greške - kompatibilni i međusobno i s datumom kada je pokrov prvi put pomenut u istorijskim zapisima (sredina 14. veka). Datiranje pokrova i dalje je kontroverzno ali ne zbog sumnje u tehniku ugljeničnog datiranja. Na primer, možda je ugljenik u pokrovu kontaminiran u požaru, za koji se zna da se dogodio 1532. godine. Neću se njime više baviti jer je pokrov važan za istoriju a ne za evoluciju. Međutim, to je lep primer koji ilustruje metod i činjenicu da, za razliku od dendrohronologije taj metod nije precizan do nivoa najbliže godine već najbližeg veka.

Više puta sam istakao da ima mnogo različitih časovnika koje moderni evolucioni detektivi mogu koristiti i da oni najbolje rade na različitim vremenskim skalama koje se međusobno preklapaju. Radioaktivni časovnici mogu se upotrebiti za nezavisne procene starosti nekog komada stene, pod uslovom da su svi časovnici istovremeno kalibrisani na nulu kada je taj komad stene očvrsnuo. Kada se dobijeni rezultati uporede, različiti časovnici su saglasni - unutar očekivane margine greške. Po tome znamo da su časovnici vrlo pouzdani. Uzajamno kalibrisani i provereni na poznatim

stenama, ovi časovnici mogu se s poverenjem koristiti za rešavanje zanimljivih problema datiranja kao što je starost Zemlje. Starost Zemlje od 4,6 milijardi godina, s čime se naučnici trenutno slažu, jeste procena na osnovi konvergentnih podataka s nekoliko različitih časovnika. Takva saglasnost ne iznenađuje, ali nažalost, to moramo da naglasimo zbog zastrašujuće činjenice koju sam istakao u uvodu i dokumentovao u dodatku: nekih 40 procenata Amerikanaca i nešto manji procenat Britanaca veruje kako se starost Zemlje ne meri milijardama godina, nego je naša planeta mlađa od deset hiljada godina. Tužno je to, pogotovo stoga što u Americi i u većem delu islamskog sveta ovi poricatelji istorije upravljaju školama i određuju nastavne programe.

Dakle, poricatelj istorije može tvrditi da, recimo, nešto ne valja s kalijum-argonskim časovnikom. Šta ako trenutna spora stopa raspada kalijuma 40 važi samo od Nojevog potopa? Šta ako je pre toga poluživot kalijuma 40 bio drastično drugačiji, na primer, samo nekoliko vekova a ne 1,26 milijardi godina? Specijalni zahtevi koji slede iz takvih tvrdnji naročito su upadljivi. Zašto bi se zakoni fizike menjali tek tako, u tolikoj meri i tako proizvoljno? Još više pada u oči to što morate iznositi međusobno prilagođene tvrdnje sa specijalnim zahtevima za svaki od tih časovnika zasebno. Trenutno su procene na osnovu svih primenljivih izotopa usaglašene: Zemlja je nastala pre 4-5 milijardi godina. Te procene važe pod pretpostavkom da je poluživot izotopa uvek bio onoliki koliko smo sad izmerili jer poznati zakoni fizike strogo ukazuju da bi tako trebalo biti. Poricatelji istorije bi morali doterivati poluživote svih izotopa u njihovim pojedinačnim proporcijama da bi ih usaglasili i došli do podatka da je Zemlja nastala pre šest hiljada godina. E, to ja nazivam specijalnim zahtevima! A nisam čak ni pomenuo druge, različite metode datiranja koje takođe daju isti rezultat. Na primer, metoda za „datiranje na osnovu tragova fisije”. Imajte na umu ogromne razlike u vremenskim skalama različitih časovnika i pomislite koliko bi valjalo nategnuti i presložiti zakone fizike kako bi se svi časovnici usaglasili jedan s drugim kroza sve redove veličine, da je Zemlja stara šest hiljada godina a ne 4,6 milijardi! Kako jedini motiv takvog nameštanja jeste želja da se održi mit o naročitom pustinjskom plemenu iz bronzanog doba, u najmanju ruku iznenađuje da se tako bilo ko može prevariti.

Postoji još jedna vrsta evolucionog časovnika, molekularni časovnik, ali njega ću pretresti u poglavlju 10 jer se prvo moram pozabaviti drugim konceptima molekularne genetike.

POGLAVLJE 5

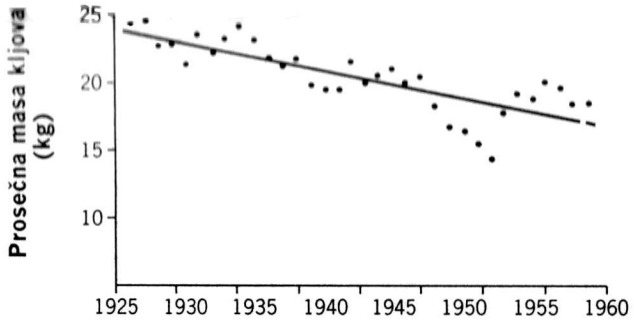
TU, PRED NAŠIM OČIMA

POSLUŽIO sam se metaforom s detektivom koji naknadno stiže na mesto zločina i na osnovu očuvanih tragova rekonstruiše događaj.

Ipak, možda sam olako odbacio mogućnost da se evolucija prihvati kao očevidac. Iako se ogroman deo evolucionih promena desio pre nego što je rođeno ijedno ljudsko biće, pojedini primeri se odigravaju tako brzo da možemo svojim očima pratiti kako se evolucija odvija u rasponu od jednog ljudskog života.

Postoji uverljiva indikacija da se ovo moglo desiti čak i sa slonovima, jednom od životinjskih vrsta koje se, po Darvinovom mišljenju, najsporije reprodukuju: smena generacija slonova ubraja se u najduže. Jedan od glavnih uzroka smrtnosti među afričkim slonovima jesu puške u rukama krijumčara slonovače - kljove će uzeti za trofeje ili će ih prodati rezbarima. Naravno, lovci biraju jedinke s najdužim kljovama. To, barem teorijski, znači da će jedinke s malim kljovama imati selektivnu prednost. Kao i uvek u evoluciji, biće suprotstavljenih pritisaka selekcije, a smer evolucije koji vidimo biće rezultat kompromisa. Slonovi s većim kljovama nesumnjivo će biti u prednosti pri nadmetanju s drugim slonovima, ali ta prednost će se potreti kad se suoče s lovcima - tada će velike kljove biti selektivni nedostatak. Sa učestalijim lovom, bilo da je legalan ili krivolov, težište selektivne prednosti pomeraće se ka manjim kljovama. Ukoliko svi drugi uslovi ostanu isti, mogli bismo očekivati da će evolucija ići u smeru smanjivanja kljova što bi bila posledica lova na slonove, ali da bi se to moglo opaziti, treba da prođu milenijumi. Ne očekujemo da ćemo to videti tokom jednog ljudskog životnog veka. Pogledajmo nekoliko brojki.

Masa kljova ugandskih slonova



Grafikon prikazuje podatke iz Odseka za divljač Ugande, objavljene 1962. godine. Navedena prosečna masa kljova u kilogramima i po godinama, od 1925. do 1958. godine (kad je Uganda bila pod britanskim protektoratom), odnosi se samo na legalno ustreljene slonove koje su ubili ljudi s lovačkom dozvolom. Tačke su godišnji podaci. Linija koja spaja tačke nije povučena slobodnom rukom nego na osnovu statističke tehnike zvane linearna regresija.[21] Jasno se očitava opadajući trend u tridesetogodišnjem periodu. Trend ima veliku statističku značajnost, pa gotovo izvesno odražava realno kretanje, a ne slučajan efekat.

Činjenica da postoji statistički važan trend ka smanjivanju kljova ne mora obavezno značiti da je takav i evolucioni trend. Ako biste morali da napravite grafikon prosečne visine dvadesetogodišnjih muškaraca u 20. veku, zapazili biste izraženo povećanje visine u mnogim zemljama. To se obično ne smatra evolucionim trendom, već posledicom poboljšane ishrane. Ipak, u slučaju slonova opravdana je naša sumnja da postoji izrazita selekcija usmerena protiv velikih kljova. Iako grafik prikazuje samo podatke o slonovima ubijenim s dozvolom, možemo zaključiti da je pritisak selekcije iz kog je proistekao takav trend lako mogao nastati prevashodno zbog krivolova. Moramo ozbiljno uzeti u obzir mogućnost da je ovo pravi evolucioni trend - ako je tako, onda se odvija izuzetnom brzinom. Valjalo bi da obazrivo donosimo važne zaključke. Može biti da se radi o snažnoj prirodnoj selekciji koja vrlo verovatno uslovljava izmenu učestalosti gena u populaciji, ali takvi genetički efekti do sada nisu potvrđeni. Moguće je i da razlika između slonova s velikim kljovama i onih s malim kljovama nije genska. Ipak, sklon sam da ozbiljno prihvatim mogućnost kako je to pravi evolucioni trend.

Uza sve ovo, moj kolega, doktor Ijan Daglas-Hamilton, stručnjak za populacije afričkih slonova u divljini, smatra ovu pretpostavku ozbiljnom i misli, izvesno s pravom, da bi se morala detaljnije razmotriti. Pretpostavlja da je ovaj trend počeo mnogo pre 1925. godine i da se nastavio posle 1958. Ima osnova da veruje kako zbog istog razloga, još iz prošlosti, mnoge lokalne

skupine azijskih slonova nemaju kljove. Izgleda da se radi o autentičnom slučaju munjevite evolucije koja se odigrava pred našim očima i čija bi nam analiza koristila.

Sada bih se osvrnuo na drugi slučaj, na nedavno, donekle intrigantno istraživanje guštera s jadranskih ostrva.

GUŠTERI SA OSTRVA POD MRČARU

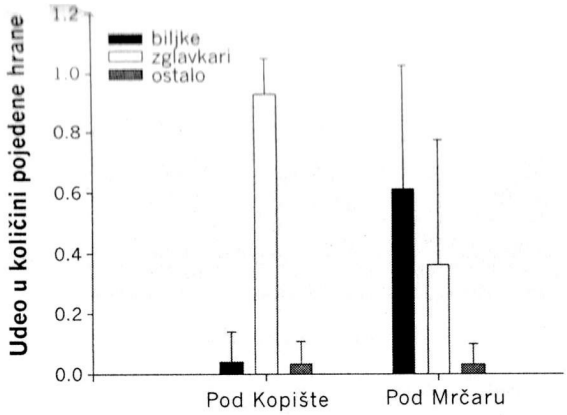
Na hrvatskom primorju postoje dva ostrvca (hridine), Pod Kopište i Pod Mrčaru. Godine 1971, na ostrvu Pod Kopište živela je populacija običnih mediteranskih guštera, *Podarcis sicula,* koji se pretežno hrane insektima, dok na ostrvu Pod Mrčaru nije bilo nijednog takvog gmizavca. Istraživači su te godine započeli jedan eksperiment: preneli su pet parova guštera *Podarcis sicula* sa ostrva Pod Kopište na Pod Mrčaru. Godine 2008, druga grupa naučnika (mahom Belgijanaca), zajedno sa Antonijem Herelom, posetila je ostrva da utvrdi šta se desilo u međuvremenu. Na ostrvu Pod Mrčaru otkrili su bogatu populaciju guštera, i na osnovu DNK analize utvrdili da su zaista vrste *Podarcis sicula.* Za njih se pretpostavlja da su potomci prvobitnih pet prenetih parova. Herel i njegove kolege proučili su potomke prenetih guštera i uporedili ih s gušterima koji žive na ostrvu svojih predaka. Otkrili su upadljive razlike između njih. Naučnici su verovatno opravdano pretpostavili da su gušteri s matičnog ostrva Pod Kopište bili neizmenjeni predstavnici predačke vrste guštera od pre trideset sedam godina. Drugim rečima, pretpostavili su da upoređuju evoluirane guštere ostrva Pod Mrčaru s njihovim neevoluiranim „precima" (zapravo, s njihovim savremenicima, ali predačkog tipa) na ostrvu Pod Kopište. Čak i ako je ova pretpostavka pogrešna - na primer, ukoliko su gušteri sa ostrva Pod Kopište evoluirali jednako brzo kao gušteri s drugog ostrva - ipak opažamo evolucionu divergenciju u prirodi koja se odigrava nekoliko decenija, odnosno u vremenskom rasponu koji ljudi mogu da prate tokom jednog životnog veka.

Kakve su bile razlike između dve ostrvske populacije, nastale u samo trideset sedam godina evolucije?[22] Dakle, gušteri sa ostrva Pod Mrčaru - „evoluirana" populacija - imali su izrazito veće glave od izvorne populacije sa ostrva Pod Kopište: duže, šire i više glave. To im omogućava da imaju znatno jači ugriz. Promena ovakvog tipa obično prati prelazak na ishranu bogatiju biljem - gušteri sa ostrva Pod Mrčaru izvesno jedu više biljnog

materijala od predačkog tipa na ostrvu Pod Kopište. Gušteri na ostrvu Pod Mrčaru prešli su sa ishrane skoro isključivo sastavljene od insekata (zglavkara, kako je navedeno na grafikonu na naspramnoj strani) koju sledi moderna populacija sa ostrva Pod Kopište, na pretežno vegetarijansku ishranu, naročito u letnjem periodu.

Zašto bi životinji vegetarijancu bilo potrebno da jače grize? Zato što su ćelije biljaka, za razliku od životinjskih ćelija, očvršćene celulozom. Zubi sisara biljojeda u koje spadaju i konji, goveda i slonovi, veliki su, nalik žrvnju, i znatno se razlikuju od zuba strižača mesoždera i igličastih zuba insektojeda. Biljojedi imaju ogromne vilične mišiće i odgovarajuće glomazne lobanje za te mišiće (setite se izražajnog sagitalnog grebena duž vrha lobanje gorile).[23]

Letnja ishrana guštera na dva jadranska ostrva

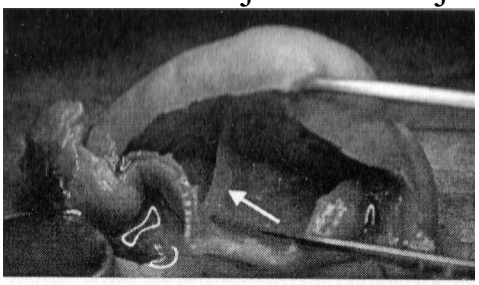


I digestivni trakt vegetarijanaca je specifičan. Životinje ne mogu da vare celulozu bez pomoći bakterija ili drugih mikroorganizama, a mnogi kičmenjaci imaju ćorsokak u crevima zvan slepo crevo (lat. *caecum)* u kome obitavaju takve bakterije; ono služi kao fermentaciona komora (naše slepo crevo je ostatak većeg slepog creva naših predaka koji su bili izrazitiji biljojedi). Slepo crevo i drugi delovi digestivnog trakta mogu biti prilično složeni kod životinja koje su isključivi biljojedi. Mesožderi obično imaju jednostavniji i manji digestivni trakt od biljojeda. Usložnjavanje sistema za varenje biljojeda ogleda se i u njegovim ileocekalnim valvulama ili zaliscima. Valvule su delimične pregrade, ponekad mišićne, čija funkcija može biti regulisanje ili usporavanje protoka materije kroz creva ili samo povećanje zapremine slepog creva. Na sledećoj strani je prikazana unutrašnjost seciranog slepog creva srodne vrste guštera koji jede mnogo biljnog materijala. Strelica pokazuje na valvulu. Ileocekalne valvule nisu uobičajene kod pripadnika vrste *Podarcis sicula* i retke su u familiji kojoj ta vrsta pripada. Fascinantno je da su se počele razvijati među populacijom guštera *P.*

sicula na ostrvu Pod Mrčaru koja je tek poslednjih trideset sedam godina evoluirala ka ishrani biljkama. Istraživači su otkrili i drugo evolucione promene kod guštera na ostrvu Pod Mrčaru. Gustina populacije je porasla, a gušteri više ne brane teritorije onako kako je to radila predačka populacija na ostrvu Pod Kopište. Valjalo bi da ponovim: u celom ovom pripovedanju jedino je izuzetna činjenica, zbog koje ovo i iznosim, da se sve desilo izuzetno brzo, za samo nekoliko decenija - eto evolucije pred našim očima.

ČETRDESET PET HILJADA GENERACIJA EVOLUCIJE U LABORATORIJI

Prosečna smena generacija ovih guštera odigrava se otprilike svake druge godine, te su se evolucione promene opažene na ostrvu Pod Mrčaru desile u samo osamnaest ili devetnaest generacija. Pomislite samo šta biste mogli videti tokom tri ili četiri decenije kad biste pratili evoluciju bakterije čije se generacije mere satima ili čak minutima, umesto godinama! Bakterije imaju još jednu neprocenjivu prednost za evolucioniste. U nekim slučajevima možete ih zamrznuti na neodređeno vreme i onda ih oživeti, a one nastavljaju da se reprodukuju kao da se ništa nije desilo. To znači da istraživači mogu proizvesti „živi fosilni zapis", precizni snimak tačke do koje je evolucioni proces došao u bilo kom trenutku. Zamislite kako bi bilo da možemo oživeti Lusi, veličanstveni fosil hominida koji je otkrio Don Johanson, i ponovo pokrenuti evoluciju njenog roda! Ričard Lenski i njegove kolege s Mičigenskog državnog univerziteta, uspeli su to da urade s bakterijom *Escherichia coli,* u spektakularnom, dugom eksperimentu. Naučno istraživanje u današnje vreme često je timski projekat. Možda ću nadalje povremeno pominjati samo prezime „Lenski" sažetosti radi, ali čitajte ga kao „Lenski s kolegama i studentima iz svoje laboratorije"



Ileocekalna valvula

Kao što ćemo videti, eksperimenti Lenskog uznemiravaju kreacioniste, i

to s dobrim razlogom. Oni su predivna ilustracija evolucije na delu, nešto što je teško uz podsmeh omalovažavati čak i kad imate snažnu motivaciju za to. A motivacija zatucanih kreacionista odista je jaka. Tome ću se vratiti na kraju odeljka.

E. coli je česta bakterija. Veoma česta. U svakom trenutku, širom sveta ih ima oko sto milijardi milijardi: po proračunima Lenskog, približno jedna milijarda obitava u vašem debelom crevu dok čitate ove redove. Veći deo tog mnoštva je bezopasan ili čak koristan, ali povremeno se desi da loši sojevi dospeju u udarne vesti. Takve periodične evolucione novine nisu neočekivane kad se podvuče crta, premda se mutacije retko dešavaju. Pretpostavimo li da verovatnoća da će gen mutirati tokom bilo kog reproduktivnog čina bakterija iznosi tek jedan na milijardu, znači da će, zbog kolosalno velikog broja bakterija, svaki gen iz genoma bakterije *E. coli* mutirati negde u svetu u toku dana. Kako reče Ričard Lenski: „To je obilje prilika za evoluciju”

Lenski je s kolegama istraživao te mogućnosti u laboratoriji, pod kontrolisanim uslovima. U svom izuzetno temeljnom radu, svakom detalju su posvećivali veliku pažnju. Zaista, zbog detalja su dokazi u prilog evoluciji proistekli iz ovih eksperimenata ozbiljni, te neću štedeti reči da ih objasnim. To znači da će izlaganje na narednih nekoliko strana morati da bude donekle složeno - ne teško, nego će zadirati u detalje. Verovatno bi najbolje bilo da ovaj deo knjige ne čitate umorni, na kraju dugog dana. Ali praćenje izlaganja olakšava činjenica da svaki detalj u njemu ima smisla: ni oko jednog nećete lupati glavu. Zato vas pozivam da zajedno, korak po korak, prođemo kroz ovaj izvrsno postavljen i elegantno izvršen niz eksperimenata.

Ove bakterije se razmnožavaju aseksualnom, prostom ćelijskom deobom, tako da je lako napraviti ogromnu populaciju genetički identičnih jedinki za kratko vreme. Godine 1988, Lenski je jednom takvom skupinom bakterija inficirao dvanaest identičnih posuda koje su sadržale identičnu hranljivu supu u kojoj je bila i glukoza kao glavni izvor hrane. Te posude sa izvornom populacijom bakterija potom su stavili u ugodno i toplo okruženje inkubatora i mućkali ih kako bi se bakterije pravilno rasporedile u tečnosti. U tih dvanaest posuda začeto je dvanaest evolucionih linija kojima je bilo suđeno da budu razdvojene narednih dvadeset i više godina: bile su poput dvanaest izrailjskih plemena, samo što nijedan zakon nije sprečavao plemena da se međusobno mešaju.

Dvanaest plemena bakterija nije sve vreme obitavalo u izvornih dvanaest

posuda, već su ih svakog dana selili u nove posude. Zamislite dvanaest *redova* posuda kako se protežu u daljinu, a u svakom redu više od 7.000 posuda! Svakoga dana, za svako od dvanaest plemena, nova, netaknuta posuda bivala bi zaražena tečnošću iz posude od prethodnog dana. Iz stare posude bi se izvlačio mali uzorak, tačno jedan stoti deo zapremine, i stavljao bi se u novu posudu sa svežom supom bogatom glukozom. Broj bakterija u posudi počeo bi da se uvećava ogromnom brzinom, ali bi se uvek obuzdao do sledećeg dana, pošto nestanu zalihe hrane i zavlada glad. Drugim rečima, populacija u svakoj posudi bi se silno namnožila, a potom bi se njen rast zaustavio: tada bi se iz posude izvukao novi inficirajući uzorak i proces bi se ponovio u novom danu. Dakle, ove bakterije prošle su, tokom svog brzinskog ekvivalenta geološkog vremena, hiljadama puta kroz svakodnevno ponavljane cikluse silovite ekspanzije praćene izgladnjivanjem od kog je spasavan sretan stoti deo njih i prenošen u staklenoj Nojevoj barci - opet privremeno - u glukozne izobilje: ne samo da su ostvareni savršeni uslovi za evoluciju već je eksperiment rađen u dvanaest zasebnih paralelnih linija.

Lenski i njegov tim ponavljaju ovu dnevnu rutinu već više od dvadeset godina. To znači, proizveli su oko 7.000 „generacija iz posude" i 45.000 generacija bakterija - prosečno, između šest i sedam generacija bakterija na dan. Možda će vam slika biti jasnija pošto pomenem da bi nas skok u prošlost od pre 45.000 generacija ljudi, dug oko milion godina, vratio u vreme *Homo erectusa,* što nije bilo odviše davno. Dakle, kakve god da je evolucione promene Lenski zabeležio tokom onoliko generacija bakterija koliko se može smatrati ekvivalentom milion godina, pomislite samo koliko se još promena moglo odigrati u - na primer - 100 miliona godina evolucije. A i 100 miliona godina je po geološkim standardima relativno bliska prošlost.

Pored glavnog eksperimenta o evoluciji, Lenski i saradnici koristih su bakterije za razne prosvetljujuće prateće eksperimente - na primer, posle 2.000 generacija zamenili su glukozu drugom vrstom šećera, maltozom - ali ja ću se fokusirati na središnji eksperiment u kome je sve vreme korišćena glukoza. Uzimali su uzorke iz dvanaest plemena u određenim intervalima tokom dvadeset godina da bi videli kako napreduje evolucija. Pored toga, zamrzavali su uzorke svakog plemena čuvajući ih kao izvor „fosila" s mogućnošću oživljavanja i oni su predstavljali strateške tačke tokom evolucije. Nimalo nije preterivanje reći da je ovaj niz eksperimenata briljantno osmišljen.

Evo jednog primera izvanrednog planiranja predstojećih koraka u

eksperimentu. Sećate se da sam rekao kako je dvanaest izvornih posuda zasejano uzorcima iz istog klona - dakle, početne populacije bakterija su bile genetički identične. Ali to nije bilo sasvim tačno - iz zanimljivog i lukavog razloga. Laboratorija Lenskog ranije je radila s genom zvanim *ara* koji se javlja u dva oblika: Ara+ i Ara-. Ne možete ih razlikovati dok ne uzmete bakterijski uzorak i zasadite ga na podlogu od agara koja sadrži hranljivu supu sa šećerom arabinozom i s tetrazolijumom, hemijskom bojom. Sejanje kultura jedna je od stvari koju rade bakteriolozi. Izvodi se tako što se kap tečnosti s bakterijama stavi na podlogu prekrivenu tankim slojem agarnog gela koja se potom stavlja u inkubaciju. Od kapi se stvaraju kolonije bakterija poput krugova koji se šire - minijaturna verzija vilinskih prstenova[24] - hraneći se hranljivim materijama pomešanim sa agarom. Ako mešavina sadrži arabinozu i indikator se oboji, ukazuje se razlika između Ara+ i Ara-, kao otkriveni zapis ispisan nevidljivim mastilom: Ara+ će biti bela kolonija, a Ara- crvena kolonija. Videćemo da ova razlika u boji služi ekipi Lenskog za obeležavanje - oni su tu pogodnost iskoristili kako bi ugodili da šest plemena bude vrste Ara+ i isto toliko vrste Ara-. Evo samo jednog primera kako su koristili boju kao indikator vrste bakterija - pomoću nje su proveravali sopstvene laboratorijske procedure. Kada su izvodili svakodnevni ritual tj. inficirali nove posude, starali su se da naizmenično rade s posudama s vrstom Ara+ i vrstom Ara-. To je omogućavalo da se eventualna greška - polivanje prenosne pipete tečnošću ili nešto slično - otkrije kad se uzorci kasnije podvrgnu testu bojenja u crveno i belo. Dovitljivo? Svakako. I obazrivo. Istinski dobri naučnici moraju imati i jednu i drugu osobinu.

Ali, zaboravimo na trenutak na Ara+ i Ara-. Početne populacije dvanaest plemena identične su po svemu ostalom. Nijedna druga razlika nije do sada utvrđena između oblika Ara- i Ara+, tako da se odista mogu smatrati pogodnim obeleživačima u boji, nalik raznobojnim prstenovima koje ornitolozi stavljaju na noge pticama.

Idemo dalje. Naših dvanaest plemena uporedo maršira kroz svoj silno ubrzan ekvivalent geološkog vremena, pod istim uslovima ponavljanog naglog umnožavanja i zaustavljanja širenja populacije. Zanimljivo je bilo zapitati se da li će nove generacije ostati iste kao njihovi preci? Ili će evoluirati? Ako se odigra evolucija, hoće li dvanaest plemena evoluirati na isti način ili će se u tom procesu udaljavati jedna od drugih?

Pomenuo sam da je u supi bila glukoza. Nije to bio jedini izvor hrane u posudama, ali je bio ograničen. To znači da je trošenje poslednjih zaliha

glukoze bio ključni faktor zbog kog bi se rast populacije u svakoj posudi, svakoga dana, zaustavio na određenom nivou. Drugim rečima - da su izvođači eksperimenta svakodnevno stavljali više glukoze u nove posude, populacioni plato na kraju dana bio bi viši. Odnosno, da su dodali još jednu dozu glukoze pošto se broj bakterija ustali, opazili bi još jedan uzlet populacije do novog platoa.

Ukoliko bi se među bakterijama javila mutacija na osnovu koje bi jedinka efikasnije iskorišćavala glukozu, onda bi, u takvim uslovima, darvinistička pretpostavka bila da bi prirodna selekcija dala prednost toj mutaciji i ona bi se raširila po posudi pošto bi se mutirane jedinke umnožavale više od nemutiranih bakterija. Tip sa ovakvom mutacijom bi nesrazmerno zarazio narednu posudu u nizu - posudu po posudu, mutanti bi uskoro stekli monopol nad svojim plemenom. Upravo to se desilo u svih dvanaest plemena. Sa smenama generacija iz posuda, populacije u svih dvanaest linija poboljšavale su se u odnosu na svoje pretke i sve efikasnije su koristile glukozu kao izvor hrane. Ali čudesno je to da su se poboljšavale na različite načine - odnosno, plemena su razvila različite skupove mutacija.

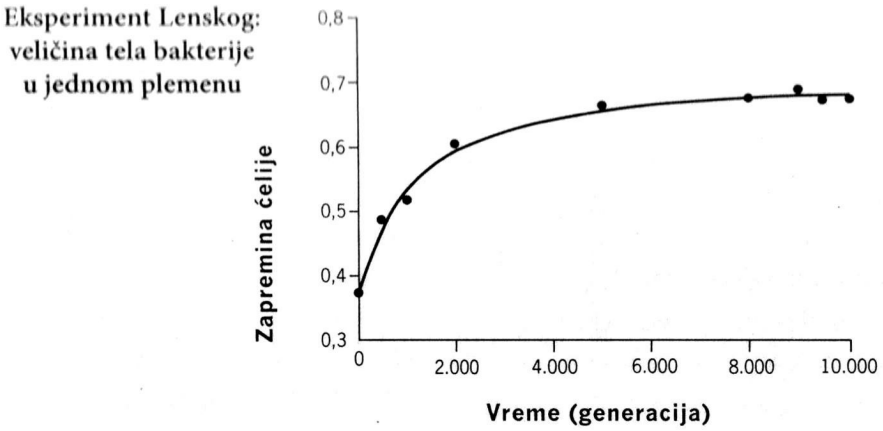
Kako su naučnici to utvrdili? Tako što su uzimali uzorke generacija iz loza tokom njihove evolucije i poredili adaptivnu vrednost (engl. *fitness)* svakog uzorka s „fosilnim" uzorcima izvorne populacije. Podsećam da su „fosili" zamrznuti uzorci bakterija koje po odmrzavanju nastavljaju normalno da žive i da se reprodukuju. A kako su to Lenski i njegove kolege poredili adaptivnu vrednost? Na koji način su poredili moderne bakterije s njihovim fosilnim precima? Upravo genijalno. Uzimali su uzorak populacije za koju su pretpostavljali da je evoluirala i stavljali ga u novu posudu. Potom su u tu posudu stavili uzorak iste veličine odmrznute predačke populacije. Suvišno je reći da posude sa eksperimentalnim mešavinama nadalje nisu imale nikakvog kontakta s nastavljenim linijama dvanaest plemena u tom dugoročnom evolucionom eksperimentu. Ovaj dodatni eksperiment obavljen je sa uzorcima koji se nadalje nisu koristili u glavnom eksperimentu.

Dakle, imamo novu eksperimentalnu posudu s dva rivalska soja, s modernim bakterijama i oživljenim fosilima, i hoćemo da utvrdimo koji će se razmnožiti više od drugog. Ali kako to učiniti kada su potpuno izmešani? Kako razlikovati dva soja kad su pomešana u posudi za nadmetanje? Rekoh vam, genijalnom tehnikom. Sećate li se svrstavanja među crvene (Ara-) i bele (Ara+)? Šta biste uradili ako biste, na primer, pomoću obeležavanja bojama hteli da uporedite adaptivnu vrednost plemena 5 i predačke fosilne

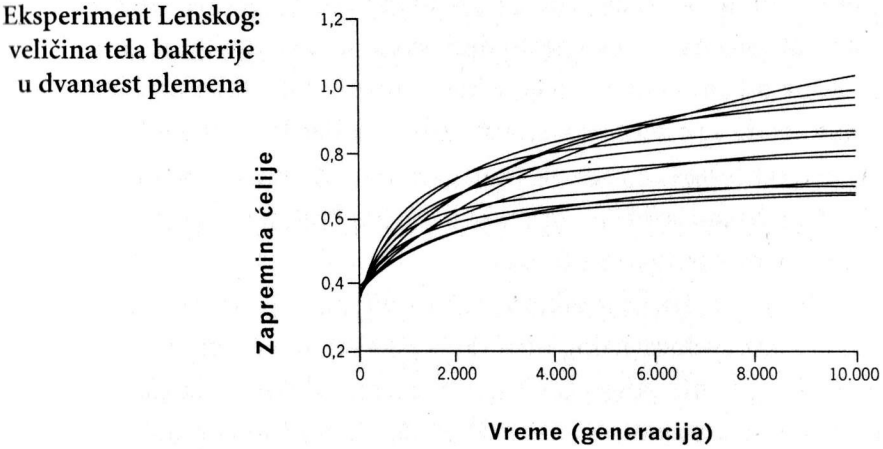
populacije? Pretpostavimo da je pleme 5 tipa Ara+. Onda biste se pobrinuli da predački fosili s kojima poredite to pleme budu tipa Ara-. A ukoliko se desi da je Pleme 6 tipa Ara-, „fosili" koje ćete odmrznuti i *pomešati ih* s plemenom bili bi tipa Ara+, Tim Lenskog je na osnovu prethodnih istraživanja već znao da geni Ara+ i Ara- ne utiču na adaptivnu vrednost. Dakle, mogli su pomoću boja kao obeleživača analizirati takmičarske sposobnosti svih plemena u evoluciji, pri čemu bi fosilizovani preci poslužili kao kompetitivni standard u svakom slučaju. Dovoljno je bilo da zasade uzorke iz posuda s mešavinom i pregledaju koliko je bakterija uzgojeno na agaru belo, a koliko ih je crvenih.

Dakle, prosečna adaptivna vrednost svih dvanaest plemena poboljšala se tokom hiljada generacija koje su prošle. Svih dvanaest linija veštije preživljavaju kad su zalihe glukoze ograničene. Nekoliko promena bi moglo biti uzrok poboljšanja adaptivne vrednosti. Populacije su se brže uvećavale u svakoj narednoj posudi, a prosečna veličina bakterija rasla je u svih dvanaest linija. Gornji grafikon na narednoj strani tipičan je prikaz prosečne veličine bakterije u jednom plemenu. Crne tačke predstavljaju realne podatke. Kriva je dobijena matematičkom aproksimacijom - za dobijene podatke, najbolja aproksimacija bila je hiperbola.[25] Uvek postoji mogućnost da bi neka matematička funkcija složenija od hiperbole još bolje odgovarala podacima, ali hiperbola je sasvim prikladna. Biolozi često prilagođavaju oblik matematičke krive dobijenim podacima, ali za razliku od fizičara nisu navikli da se rezultati tako mnogo poklapaju sa aproksimacijom. Naši podaci su obično previše neuređeni. Za razliku od fizičkih istraživanja, u biološkim ispitivanjima očekujemo da dobijemo glatku krivu samo kad imamo veliki broj podataka prikupljenih pod strogo kontrolisanim uslovima. Istraživanje Lenskog spada u vrhunske domete.

Jasno je da se gro procesa povećanja tela odigrao u otprilike prvih 2.000 generacija. Nameće se naredno zanimljivo pitanje. Pošto su se bakterije u svih dvanaest plemena uvećavale tokom evolucije, da li se to desilo na isti način, odnosno istom genetičkom rutom? Ne, nije, i to je drugi zanimljiv rezultat. Prva hiperbola predstavlja rezultate zajedno od dvanaest plemena. Pogledajmo najpribližnije hiperbole za dvanaest plemena (videti donji grafikon na naspramnoj strani) - prilično su divergentne. Izgleda da se svaka hiperbola približava platou, ali najviši od dvanaest platoa je gotovo dvaput viši od najnižeg.



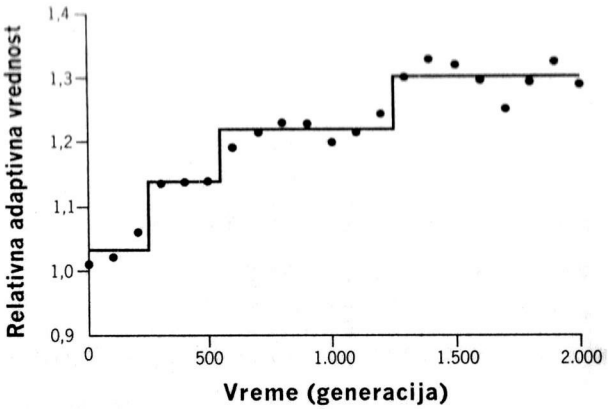
A krive imaju različite oblike: kriva koja do desethiljadite generacije dostiže najvišu vrednost, isprva raste sporije od nekih drugih krivih, a potom ih nadmašuje pre sedamhiljadite generacije. Ne brkajte ove platoe s dnevnim platoima obima populacije u svakoj posudi. Sada razmatramo krive u evolucionom vremenu, merenom generacijama posuda a ne životom bakterijskih jedinki u jednoj posudi koji se meri satima.



Ova evoluciona promena ukazuje na to da je povećanje tela iz nekog razloga dobro za preživljavanje u okruženju isprva bogatom, a potom siromašnom glukozom. Neću razmatrati zašto bi povećanje tela moglo biti prednost - mnogo je mogućih razloga - ali mora da je tako bilo, jer je svih dvanaest plemena evoluiralo u tom smeru. Kako postoji mnoštvo načina da se poraste - mnogo različitih skupova mutacija - izgleda da su razdvojene evolucione loze u ovom eksperimentu otkrile različite načine da to ostvare. To je veoma zanimljivo. Ali još je zanimljivije možda to što je poneki par plemena otkrivao *isti* način za povećanje tela, nezavisno od drugih. Lenski je s drugom ekipom kolega proučavao ovaj fenomen tako što je pregledao DNK dva plemena, nazvao ih je Ara+1 i Ara-1, koja su, po svemu sudeći, tokom

20.000 generacija imala istu evolucionu putanju. Lenski i saradnici otkrili su nešto zaprepašćujuće: 59 gena je promenilo nivo ispoljavanja u oba plemena, i *svi su se promenili u istom smeru.* Da nema prirodne selekcije, teško bi bilo poverovati da se takav proces odvijao paralelno i nezavisno u 59 gena. Verovatnoća da se tako nešto desi slučajno izvanredno je mala. Ovo je jedna od onih pojava za koje kreacionisti tvrde da su nemoguće, jer smatraju da su previše neverovatne da bi se desile slučajno. Ipak, desila se. Naravno, *nije* se zbila slučajno, već zato što je postepena, kumulativna prirodna selekcija nezavisno davala prednost identičnim korisnim promenama u obe linije.

Eksperiment Lenskog: povećanje adaptivne vrednosti



To što je kriva na grafikonu rasta veličine ćelije sa smenama generacija glatka, ide u prilog ideji da je poboljšanje postepeno. Ali, da li je možda previše postepeno? Zar ne bismo očekivali da vidimo jasne *korake* pošto populacija čeka da se dese naredne korisne mutacije?

To nije neminovan scenario. Proces zavisi od činilaca kao što su broj mutacija, obim svakog efekta mutacije, varijacija u veličini ćelije čiji uzrok nisu geni i učestalost uzorkovanja bakterije. Uporedimo li grafikone poboljšanja adaptivne vrednosti i veličine ćelije, zapažamo nešto zanimljivo, što bi se, u najmanju ruku, moglo tumačiti kao očigledno stepenasta slika. Podsećam vas da sam, predstavljajući hiperbolu, pomenuo kako je moguće naći složeniju matematičku funkciju koja bi više odgovarala podacima. Matematičari takvu funkciju nazivaju model. Ove tačke se mogu uklopiti i u model u vidu hiperbole kao u prethodnom grafikonu, ali bolje slaganje dobija se sa stepenastim modelom prikazanim na slici na naspramnoj strani. Slaganje nije tako dobro kao između hiperbole i podataka na grafikonu za veličinu ćelije. Ni u jednom slučaju nije moguće dokazati da podaci tačno odgovaraju modelu. Ali podaci makar nisu u suprotnosti sa idejom da opažena evoluciona promena predstavlja postepenu akumulaciju mutacija.[26]

Do sada smo pratili predivnu demonstraciju evolucije na delu: evolucija

se odigravala pred našim očima, dokumentovana poređenjem dvanaest nezavisnih linija i poređenjem svake linije sa živim fosilima koji doslovno - ne samo metaforički - dolaze iz prošlosti.

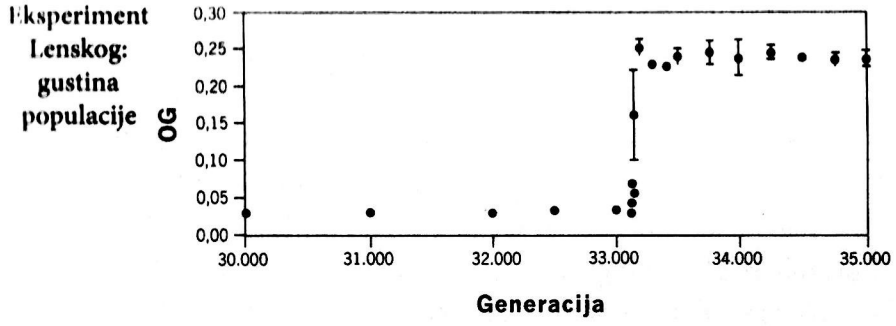
Sada smo spremni da pređemo na još zanimljiviji rezultat. Ukazao sam na to da je svih dvanaest plemena tokom evolucije poboljšalo svoju adaptivnu vrednost načelno na isti način, uz razlike u detaljima - jedni su napredovali brže, a drugi sporije. Međutim, u jednom trenutku dugoročnog eksperimenta, pojavio se dramatičan izuzetak. Nedugo iza 33.000. generacije, desilo se nešto izvanredno. Jedna od dvanaest loza zvana Ara-3 najednom se počela naglo umnožavati. Pogledajte grafikon na naspramnoj strani. Na vertikalnoj osi OG (optička gustina ili zamućenost) prikazana je veličine populacije u posudi. Tečnost postaje zamućena zbog uvećanja broja bakterija; gustinu zamućenosti moguće je izmeriti, a dobijena vrednost predstavlja indeks gustine populacije. Vidi se da se do 33.000. generacije, prosečna gustina populacije plemena Ara-3 kretala oko vrednosti OG od približno 0,04; slično je bilo u drugim plemenima. Potom je neposredno iza 33.100. generacije naglo skočila vrednost OG plemena Ara-3 (i nijednog drugog od preostalih jedanaest plemena). Porasla je šest puta, do vrednosti od oko 0,25. Populacije ovog plemena u narednim posudama su bujale. Posle samo nekoliko dana, tipičan plato na kome bi se broj bakterija stabilizovao imao je OG vrednost šest puta veću nego pre, dok su se vrednosti za ostala plemena tek nazirale. Ovakav viši plato su dostizale sve naredne generacije, ali samo ovog plemena. Kao da je velika dodatna količina glukoze ušpricana u svaku posudu plemena Ara-3, i nijednog drugog plemena. Ali nije tako bilo. Strogo se pazilo da se u sve posude stavi ista količina glukoze.

U čemu je stvar? Šta se to iznenada desilo plemenu Ara-3? Lenski je s dvoje kolega dodatno proučio tu pojavu i otkrio razlog. Objašnjenje je fascinantno. Pomenuo sam da je glukoza bila ograničen resurs i da je svaki mutant koji bi otkrio kako da je efikasnije koristi sticao evolucionu prednost. Upravo to se i dešavalo tokom evolucije svih dvanaest plemena. Međutim, rekao sam i to da glukoza nije bila jedina hranljiva materija u supi. Drugi izvor hrane bio je citrat (sličan supstanci zbog koje je limun kiseo). Supa je sadržala obilje citrata, ali *E. coli* ih u normalnim okolnostima ne može koristiti, barem ne ukoliko u vodi ima kiseonika kao u posudama Lenskog. Ali kad bi samo mutant otkrio kako da koristi citrat, bio bi to pravi rudnik zlata za njega! Upravo to se desilo plemenu Ara-3. Ovo pleme, i nijedno drugo, iznenada je steklo sposobnost da se hrani citratom jednako efikasno

kao glukozom. Zbog toga je naglo porasla količina hrane na raspolaganju u narednim posudama u liniji, kao i plato na kome bi se zaustavilo dnevno širenje populacije u svakoj narednoj posudi.

Pošto su otkrili zbog čega je pleme Ara-3 bilo tako posebno, Lenski i njegove kolege postavili su sebi još zanimljivije pitanje. Da li je to iznenadno poboljšanje sposobnosti iskorišćavanja hranljivih materija nastalo zbog jedne nagle mutacije, toliko retke da je samo jedna od dvanaest loza imala sreće da je doživi? Drugim rečima - je li to bio samo još jedan mutacioni korak poput onih sitnih na grafikonu adaptivne vrednosti na strani 120? To se Lenskom nije činilo verovatnim iz zanimljivog razloga. Pošto je znao kolika je prosečna stopa mutacije svakog gena u genomu ovih bakterija, izračunao je da je 30.000 generacija dovoljno dugo razdoblje da svaki gen u dvanaest linija mutira barem jednom. Dakle, činilo se malo verovatnim da se pleme Ara-3 izdvojilo zbog retkosti mutacije. Moralo ju je otkriti i nekoliko drugih plemena.

Postoji još jedna teorijska mogućnost, izuzetno primamljiva. Priča će se sada prilično zakomplikovati, te ukoliko je noć već poodmakla, možda bi bilo pametno da odložite čitanje do sutra...



Šta ako za biohemijsko čarobnjaštvo potrebno da bi se bakterije hranile citratom nije bila dovoljna jedna mutacija, nego dve (ili tri)? Ne pričamo o dve mutacije koje jedna drugu nadopunjuju. Da je tako, dovoljno bi bilo da se proizvoljnim redom dese dve mutacije. Bilo koja bi vas dovela na pola puta do cilja; i bilo koja bi donekle razvila kod bakterija sposobnost iskorišćavanja citrata za prehranu, ali ne koliko bi to omogućile obe mutacije. To bi bilo slično mutacijama za povećanje tela koje smo već razmatrali. Ali takva okolnost ne bi bila dovoljno retka da bi se opravdala dramatična jedinstvenost plemena Ara-3. Ne, retkost citratnog metabolizma upućuje da tragamo za nečim što je više nalik nesvodivoj složenosti iz kreacionističke propagande. To bi mogao biti biohemijski lanac u kome proizvod jedne hemijske reakcije

hrani drugu hemijsku reakciju, a *nijedna od njih ne može samostalno imati nikakvog efekta.* Za to bi bile potrebne dve mutacije - nazovimo ih A i B - kao katalizatori dve reakcije. Po ovoj hipotezi, potrebne su *obe* mutacije *da bi se postiglo bilo kakvo poboljšanje*, što je zaista dovoljno neverovatno pa ne može biti objašnjenje zašto je to za rukom pošlo samo jednom od dvanaest plemena.

Sve ovo je hipotetičko razmatranje. Jesu li Lenski i saradnici na osnovu eksperimenta mogli utvrditi šta se dešavalo? Naravno, mogli su da načine velike korake u tom smeru i da na izvanredan način iskoriste zamrznute fosile stalno korisne u ovom istraživanju. Ponoviću hipotezu: u nepoznatom trenutku, pleme Ara-3 doživelo je mutaciju A. To nije imalo opipljiv efekat jer se još uvek nije odigrala druga neophodna mutacija - B. Mutacija B se s jednakom verovatnoćom može javiti u bilo kom od dvanaest plemena. Verovatno se i desila u više plemena. Ali mutacija B je beskorisna i nema nikakav pogodan efekat ukoliko joj ne prethodi mutacija A. Takav redosled mutacija desio se samo u plemenu Ara-3.

Lenski je svoju hipotezu mogao drugačije izraziti u obliku proverljivog predviđanja - a zanimljivo je definisati je na taj način, jer ona zapravo i jeste predviđanje iako se, u izvesnom smislu, odnosi na prošlost. Da sam Lenski, predviđanje bih definisao na sledeći način:

> Odledićу fosile plemena Ara-3 koji datiraju iz različitih, strateški odabranih trenutaka u prošlosti. Svaki od tih klonova Lazara moći će da nastavi evoluciju na sličan način kao u glavnom evolucionom eksperimentu od kog će, naravno, biti potpuno izolovan. Evo mog predviđanja. Neki od ovih klonova Lazara otkriće kako da koriste citrat, ali *samo* ako su odmrznuti iz fosilnog zapisa *posle* određene, kritične generacije u izvornom evolucionom eksperimentu. Još uvek ne znamo kada se javila ta čudesna generacija, ali identifikovaćemo je naknadno, po trenutku kada je, prema našoj hipotezi, u plemenu nastala mutacija A.

Obradovaćete se kad pročitate da je upravo to otkrio Zakari Blant, student Lenskog, koji je izveo iscrpljujući niz eksperimenata sa oko četrdeset biliona - 40.000.000.000.000 - ćelija *E. coli* iz celog raspona generacija. Ispostavilo se da se magija desila u 20.000. generaciji. Pokazalo se da je verovatnoća *budućeg* evolucionog unapređenja citratnog metabolizma veća za odmrznute klonove plemena Ara-3 koji su datirali posle 20.000. generacije u fosilnom zapisu. To nije zapaženo među klonovima iz generacija pre 20.000. Prema

hipotezi, klonovi posle 20.000. generacije bili su spremni da iskoriste mutaciju B kad god da se desi. Ta verovatnoća se ubuduće, za fosile „vaskrsle" posle magičnog trenutka u 20.000 generaciji, nije povećavala ni smanjivala: koju god generaciju iza 20.000. generacije Blant odmrzavao, povećana verovatnoća potonjeg sticanja sposobnosti iskorišćavanja citrata bila je ista. Ali odmrznuti fosili koji su datirali pre 20.000. generacije uopšte nisu imali povećanu verovatnoću razvijanja sposobnosti za iskorišćavanje citrata. Pre 20.000. generacije, pleme Ara-3 bilo je poput ostalih plemena. Iako su te generacije pripadale plemenu Ara-3, njima se nije desila mutacija A. Ali posle 20.000 generacije, pleme Ara-3 bilo je pripremljeno. Samo ono je moglo da iskoristi mutaciju B kada se javila - verovatno se javila u još nekoliko plemena, ali bez korisnog efekta. Ima tokom naučnog istraživanja trenutaka velike radosti, i ovaj je sigurno bio takav.

Istraživanje Lenskog, u mikrokosmosu i u laboratoriji, pokazalo je u procesu toliko ubrzanom da se odvijao pred našim očima, mnoge ključne komponente evolucije prirodnom selekcijom: slučajnu mutaciju praćenu neslučajnom prirodnom selekcijom; nezavisnu adaptaciju na isto okruženje koja se zbivala zasebnim putanjama; kako se naredne mutacije nadograđuju na prethodne mutacije da bi dovele do evolucione promene; kako se pojedini geni oslanjaju na prisustvo drugih gena da bi se ispoljili njihovi efekti. A ipak, ako uporedimo s trajanjem evolucije, sve se to desilo za tren.

Ova trijumfalna priča o naučnom zalaganju ima duhovit nastavak. Kreacionisti je mrze. Ne samo da prikazuje evoluciju na delu i razotkriva kako se genomi usložnjavaju dodavanjem novih genskih informaciju bez uplitanja tvorca, a to svi oni poriču jer im je tako rečeno („rečeno", jer većina njih ne razume šta „informacija" znači); ne samo da demonstrira moć prirodne selekcije da napravi kombinaciju gena koja bi po naivnim proračunima, tako dragim kreacionistima, trebalo da bude ravna nemogućem, već potkopava njihovu centralnu dogmu o nesvodivoj složenosti. Zato nije čudno što je istraživanje Lenskog unelo pometnju u njihove redove i što gore od želje da mu nađu grešku.

Endru Šlafli, kreacionistički urednik Web lokacije Conservapedia, ozloglašene imitacije Wikipedije, pismenim putem je zatražio od doktora Lenskog da mu dopusti uvid u podatke, verovatno implicirajući da postoje izvesne sumnje u pogledu njihove verodostojnosti. Lenski nije bio obavezan da odgovori na takvu drsku implikaciju, ali je to učinio, u vrlo džentlmenskom maniru, ljubazno nagoveštavajući da bi se Šlafli mogao

potruditi i pročitati njegov rad pa tek onda da ga kritikuje. Naučnik je domišljato istakao da su najbolji podaci same zamrznute bakterijske kulture koje je, u načelu, svako mogao da pregleda kako bi potvrdio validnost njegovih zaključaka. Napomenuo je da bi rado poslao primerke svakom bakteriologu kompetentnom da ih prouči, ističući da bi u nestručnim rukama mogle biti prilično opasne. Potrebnu stručnu spremu naveo je bezobzirno detaljno, i skoro da se može osetiti uživanje s kojim je to učinio, znajući vrlo dobro kako bi Šlafli - *advokat,* morate priznati, nije naučnik - jedva mogao pravilno pročitati sve navedeno, još bi se manje kvalifikovao kao bakteriolog kompetentan da izvodi napredne i bezbedne laboratorijske procedure sa statističkom analizom rezultata. Čitavu situaciju je na dovitljiv način sažeto opisao čuveni naučni bloger PZ Majers u tekstu koji počinje ovako: „Ričard Lenski je još jednom odgovorio glupacima i budalama iz Conservapedije, i isprašio ih tako da nisu znali gde su."

Eksperimenti Lenskog, posebno s dovitljivom tehnikom fosilizacije, prikazuju moć prirodne selekcije da izvede evolucionu promenu tako da se odigra pred našim očima. Ali bakterije su izvor i drugih impresivnih primera, iako možda slabije obrazloženih. Mnoge bakterijske vrste stekle su otpornost na antibiotike tokom spektakularno kratkih perioda. Setite se samo da su prvi antibiotik, penicilin, Flori i Čejn herojskim zalaganjem proizveli ne tako davno, tokom Drugog svetskog rata. Od tada su se često pojavljivali novi antibiotici, a bakterije su razvile otpornost na svaki. Najstrašniji primer danas je MRSA *(Staphylococcus aureus* otporan na meticilin), bakterija zbog koje su mnoge bolnice postale opasna mesta za posetioce. Druga opasnost je bakterija C. *diff. (Clostridium difficile).* Prirodna selekcija je i u ovom slučaju prednost dala sojevima otpornim na antibiotike; međutim, ovaj efekat je u senci drugog efekta. Ako se antibiotici koriste duže vreme, javlja se tendencija da zajedno s lošim bakterijama ubiju i „dobre" bakterije u crevima. Bakteriji C. *diff.,* otpornoj na većinu antibiotika, uveliko godi *nepostojanje* rivalskih vrsta bakterija. Drugim rečima - neprijatelj mog neprijatelja moj je prijatelj.

U čekaonici mog lekara pročitao sam pamfet koji me je prilično razdražio: u njemu se upozoravalo na opasnost od preranog prekidanja tretmana antibioticima. To upozorenje nije pogrešno, ali zabrinuo me je predočeni razlog. U pamfletu je objašnjeno da su bakterije „pametne"; one „uče" da se nose sa antibioticima. Pretpostavljam da su autori teksta smatrali da će fenomen otpornosti na antibiotike biti razumljiviji ukoliko ga nazovu

učenjem umesto prirodnom selekcijom. Ali priča o tome kako su bakterije pametne i kako uče krajnje je zbunjujuća i, iznad svega, ne pomaže pacijentu da shvati zašto bi trebalo da ispije prepisanu dozu tableta do kraja. Svakoj budali je jasno da opis bakterije kao pametne ne zvuči uverljivo. Čak i da postoje pametne bakterije, zašto bi prekidanje uzimanja antibiotika uticalo na moć učenja pametne bakterije? Ali upozorenje dobija smisao kad počnete da ga sagledavate u svetlu prirodne selekcije.

Dejstvo antibiotika, kao i bilo kog drugog otrova, uglavnom zavisi od doze. Dovoljno velika doza ubiće sve bakterije. Dovoljno mala doza neće ubiti nijednu bakteriju. Srednje doze će ubiti neke bakterije, ali ne sve. Ako među bakterijama postoji genska varijacija, takva da su neke bakterije podložnije dejstvu antibiotika od drugih, srednja doza biće kao poručena za selekciju u korist gena za otpornost na antibiotike. Lekar vam kaže da ispijete sve tablete jer se u tom slučaju povećava verovatnoća da se ubiju *sve* bakterije, i uz to spreči da prežive otporni, ili delimično otporni mutanti. Gledajući unatrag, mogli bismo reći sledeće: da smo samo svi bili bolje upućeni u darvinističko razmišljanje, ranije bismo uvideli opasnosti od opstanka otpornih bakterijskih sojeva koje je prirodna selekcija odabrala da prežive. Pamfleti poput onog u čekaonici ordinacije mog lekara ne doprinose razvijanju darvinističkog razmišljanja - a tako je tužno ispustiti priliku za poduku o čudesnoj moći prirodne selekcije.

GUPIKE

Moj kolega, doktor Džon Endler, koji je nedavno prešao iz Severne Amerike na Eksiterski univerzitet u Britaniji, ispričao mi je sledeću izvanrednu, ali i tužnu priču s jednog domaćeg leta u Sjedinjenim Državama. Putnik na susednom sedištu je započeo razgovor raspitujući se čime se bavi. Endler je odgovorio da je profesor biologije i da proučava populacije divljih gupika na Trinidadu. Interesovanje sagovornika za Endlerovo istraživanje je raslo i postavio mu je mnoštvo pitanja. Zaintrigiran elegancijom teorije iza eksperimenata, zapitao je Endlera koja je to teorija i ko ju je formulisao. Doktor Endler je tek tada dao odgovor za koji je s pravom pretpostavio da će na razgovor delovati kao bomba: „Zove se Darvinova teorija evolucije prirodnom selekcijom!” Njegov sagovornik je u trenu promenio držanje. Lice mu je buknulo, a on se naglo okrenuo, odbivši da govori i okončavši dotad prijatan razgovor. I više nego prijatan, jer mi dr Endler piše da je čovek „pre

toga postavljao neka izvrsna pitanja koja su nagoveštavala da sa oduševljenjem i intelektualnim angažovanjem prati obrazlaganje. To je odista tragično."

Eksperimenti koje je Džon Endler predstavio svom uskogrudom saputniku elegantni su i jednostavni, i na divan način ilustruju brzinu kojom prirodna selekcija može da dela. Kako je prikladno što ću u mom izlaganju iskoristiti baš Endlerovo istraživanje, jer on je i autor knjige *Prirodna selekcija u divljini (Natural Selection in the Wild),* najvažnije među zbornicima takvih studija sa obrazloženim metodama.

Gupike su popularne slatkovodne akvarijumske ribice. Za njih važi što i za fazane iz poglavlja 3: mužjaci su živopisnije obojeni od ženki, a akvaristi su ih gajili tako da njihove boje budu još drečavije. Endler je proučavao divlje gupike (lat. *Poecilia reticulata*) koje žive u planinskim rečicama na Trinidadu, Tobagu i u Venecueli. Primetio je da se lokalne populacije drastično razlikuju među sobom. U pojedinim skupinama, odrasli mužjaci su bili duginih boja, drečavi skoro koliko gupike iz akvarijuma. Pretpostavio je da su njihove pretke ženke gupika radije birale zbog upadljivih boja, kao što fazanke biraju fazane. U drugim oblastima, mužjaci su bili mnogo jednoličnije spoljašnosti, premda živopisniji od ženki. I oni su, kao i ženke iako ne tako izrazito, bili veoma dobro kamuflirani, u tonu sa šljunkovitim dnom potoka u kojima žive. Endler je pokazao, pomoću elegantnog kvantitativnog poređenja mnogih lokacija u Venecueli i na Trinidadu, da je u potocima u kojima su mužjaci bili bleđih boja bilo više predatora. U potocima gde je bilo manje grabljivaca koji su lovili gupike, mužjaci su bili žarkih boja, s većim, drečavijim i brojnijim pegama: tamo su mužjaci tokom evolucije slobodno razvijali živopisnije boje da bi se svideli ženkama. Ženke su neprestano vršile pritisak na mužjake da dobiju drečavije boje u evoluciji, u svim raznolikim razdvojenim populacijama, bez obzira na to koliko je bio jak suprotan uticaj od lokalnih predatora. Evolucija je i u ovom slučaju, kao uvek, pronašla kompromis između pritisaka selekcije. Zanimljiv aspekt proučavanja gupika bilo je to što je Endler mogao da uočava razlike u tom kompromisu od potoka do potoka. Ali on je učinio više od toga. Izvršio je i eksperimente.

Pretpostavimo kako želite da izvedete idealan eksperiment u kome ćete prikazivati evoluciju kamuflaže. Šta biste uradili? Kamuflirane životinje podsećaju na okruženje u kome ih posmatrate. Biste li mogli da izvedete eksperiment u kome životinje pred vašim očima evoluiraju tako da podsećaju

na okolinu nameštenu za njih u eksperimentu? Još bolje bi bilo da radite s dva okruženja i s različitom populacijom za svako. Cilj je izvesti nešto poput selekcije dve sorte kukuruza izabrane za visok i nizak procenat ulja, o čemu je bilo reči u poglavlju 3. Ali u ovim eksperimentima, selekciju neće obavljati ljudi već grabljivci i ženke gupika. Dve eksperimentalne linije razlikovaće se samo po okruženjima koje ćemo sami postaviti.

Odaberite životinjsku vrstu sa sposobnošću kamufliranja, možda neku vrstu insekata, i nasumice raspodelite njene pripadnike u kaveze (ili u ograđeni prostor, ribnjak ili drugu, prikladnu vrstu vivarijuma) s različitim bojama ili šarama. Na primer, polovina kaveza bi mogla imati zelenu pozadinu, dok bi druga polovina mogla biti obojena kestenjasto, u pustinjskom stilu. Stavite životinje u zeleno ili smeđe okruženje i pustite ih da žive i razmnožavaju se tokom što više generacija, a kada ne budete više imali vremena, vratite se da utvrdite jesu li evoluirali tako da se stope sa svojom zelenom ili smeđom okolinom. Naravno, to možete očekivati samo ako ste u kavez stavili i grabljivce. Recimo da u vivarijum stavimo kameleona. U *sve* vivarijume? Ne, naravno. Ne zaboravite da je ovo eksperiment; dakle, grabljivca biste stavili u polovinu zelenih i u polovinu kestenjastih kaveza. Svrha eksperimenta bila bi da se proveri je li ispravno predviđanje da će insekti, zatvoreni s grabljivcem, evoluirati tako da postanu zeleni ili smeđi, odnosno sličniji okruženju. Ali u vivarijumima bez predatora, mogli bi evoluirati tako da se što više razlikuju od okoline da bi ih ženke što bolje uočile.

Dugo sam gajio ambiciju da izvedem takav eksperiment s vinskim mušicama (zbog kratkog reproduktivnog ciklusa) ali, nažalost, nisam se latio toga. Zato mi je posebno drago što je Džon Endler učinio upravo to, ali s gupikama, a ne sa insektima. Naravno, za grabljivce nije koristio kameleone, nego je odabrao vrstu *Crenicichla alfa,* opasnog lovca na divlje gupike. Namesto zelene i smeđe pozadine, odlučio se za nešto zanimljivije. Primetio je da kamuflaži gupika najviše doprinose njihove pege, često prilično velike, sa šarom koja liči na šljunkovito dno njihovih matičnih potoka. Šljunak je u nekim potocima krupniji, a u drugima finiji. On je upotrebio takve dve pozadine, i složićete se da je kamuflaža koju je hteo da postigne bila delikatnija i zanimljivija od moje zelene i smeđe.

U veliku staklenu baštu koja je podražavala tropski svet gupika Endler je postavio deset ribnjaka. Dno svih deset ribnjaka posuo je šljunkom, u pet je bio krupniji, a u drugih pet sitniji. Uviđate smisao toga. Pretpostavka je da će

gupike u dva različita, izrazito predatorska okruženja, evoluirati s drugačijim ishodima - tako da svoj izgled usklade sa okolinom. Tamo gde je opasnost od grabljivaca slaba ili je nema, mužjaci bi trebalo da budu upadljivo obojeni kako bi se dopali ženkama.

Umesto da grabljivce stavi samo u polovinu ribnjaka, Endler je učinio nešto suptilnije. Osmislio je tri nivoa predatorstva. U dva ribnjaka (jedan peskovitog, drugi šljunkovitog dna) uopšte nije bilo grabljivaca. Četiri ribnjaka (dva peskovitog, druga dva šljunkovitog dna) imala su opasnu vrstu *Crenicichla alta.* U preostala četiri ribnjaka, Endler je stavio drugu riblju vrstu, *Rivulus hartii,* koja je, uprkos svom engleskom nazivu, killifish[27] (što i nema izvorno značenje, jer je nastalo po prezimenu izvesnog gospodina Kila), relativno bezopasna po gupike. Ona je slaba grabljivica, dok vrsta *Crenicichla alta* spada u jake predatore. Okruženje sa slabim grabljivcem predstavlja bolji kontrolni uslov nego okruženje bez predatora. Endler objašnjava kako je hteo da simulira dva prirodna stanja, a ne zna ni za jedan potok u prirodi koji je sasvim bez predatora: zato je upoređivanje situacije s jakim grabljivcima i situacije sa slabim grabljivcima mnogo bliže poređenju kakvo se uspostavilo i na osnovu prirodnih okolnosti.

Dakle, scenografija je ovakva: gupike su slučajnim izborom raspodeljene u deset ribnjaka od kojih je pet imalo dno s krupnim šljunkom, a preostalih pet sa sitnim šljunkom. Svih deset kolonija gupika pušteno je da se slobodno razmnožava šest meseci bez prisustva grabljivaca, nakon čega je eksperiment, zapravo, počeo. Endler je stavio opasnog grabljivca u dva ribnjaka s krupnim šljunkom i u dva ribnjaka sa sitnim kamenčićima. U isto toliko ribnjaka sa sitnim i krupnim šljunkom stavio je slabe grabljivce (po šest, umesto samo po jednog, kako bi postigao što približniji odnos zastupljenosti dve vrste riba u divani). Preostala dva ribnjaka poštedeo je grabljivaca.

Sačekao je pet meseci, a onda je je zabeležio broj i veličinu pega među svim gupikama u deset ribnjaka. Još devet meseci nakon toga (dakle, postoje prošlo ukupno četrnaest meseci), napravio je isti takav popis pega. Kakvi su bili rezultati? Spektakularni, čak i za tako kratko vreme. Endler je šare na ribama merio na razne načine, a jedna od mera bila je broj pega po ribi. Neposredno po puštanju gupika u ribnjake u kojima još uvek nije bilo grabljivaca, varijacije u broju pega bile su velike, jer su ribe prikupljene iz potoka sa širokim rasponom zastupljenosti predatora. U šest meseci pre uvođenja grabljivaca u ribnjake, prosečan broj pega po ribi naglo je porastao. To je verovatno bila reakcija na selekciju koju su podsticale ženke. Ali po

puštanju grabljivaca u ribnjake desile su se dramatične promene. U četiri ribnjaka sa opasnim grabljivcem, prosečan broj pega je drastično opao. Razlika je bila očita na petomesečnom popisu, a popis izveden devet meseci posle prvog potvrdio je dalje opadanje broja pega. Ali u dva ribnjaka bez predatora i u četiri ribnjaka sa slabim predatorima, broj pega je nastavio da raste. Dostigao je ustaljenu vrednost još za petomesečnog popisa i održao se na tom nivou na četrnaestomesečnom popisu. Broj pega u okruženju sa slabim predatorima je, po svemu sudeći, bio isti kao i u okruženjima bez predatorske pretnje - selekciju nisu diktirali slabi grabljivci nego ženke koje više vole veliki broj pega.

Toliko o broju pega. Veličina pega je jednako zanimljiva tema. U prisustvu predatora, slabih ili jakih, na podlozi od krupnog šljunka gupike su razvijale relativno veće pege, dok su se kod onih iz okruženja sa sitnijim kamenčićima pojavljivale manje pege. To se lako objašnjava time da gupike veličinom pega podražavaju veličinu kamenčića. Međutim, fascinantno je to što je Endler uočio sasvim suprotnu pojavu u ribnjacima bez grabljivaca. U okruženju sa sitnijim šljunkom, mužjaci su imali krupnije pege, a u ribnjacima s krupnim šljunkom - sitne. Mužjaci su upadljiviji ukoliko *ne* podsećaju na kamenje u okolini - tako su privlačniji ženkama. Pametno!

Da, pametno. Ali tako je bilo u laboratoriji. Da li je Endler mogao postići slične rezultate u divljini? Da. Odabrao je prirodni potok sa opasnom vrstom *Crenicichla alta* u kome su mužjaci gupika redom bili relativno neupadljivi. Ulovio je izvestan broj gupika oba pola i preneo ih je u pritoku rečice bez gupika i opasnih predatora, ali sa slabim predatorima. Ostavio ih je tu da neometano žive i razmnožavaju se.

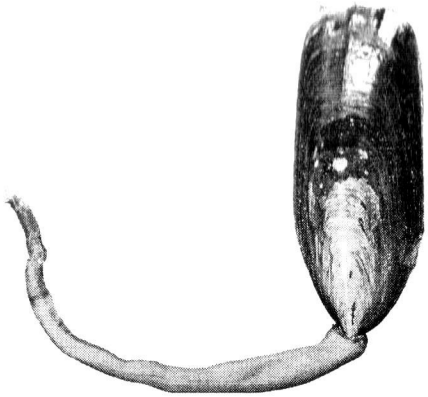
Dvadeset tri meseca kasnije, vratio se da vidi šta se desilo s gupikama. Zadivljujuće je da su mužjaci, za manje od dve godine, primetno razvili živopisniju spoljašnost - nema sumnje da su pod pritiskom ženki i u odsustvu grabljivaca slobodno mogli da evoluiraju u tom smeru.

Jedna od lepih strana nauke jeste i to da je ona javna delatnost. Naučnici objavljuju svoje metode i zaključke, što znači da svako širom sveta može ponoviti njihov rad. Ako se pri tome ne dobiju isti rezultati, želimo da znamo šta je razlog. Obično to nije puko ponavljanje, već se prethodno naučno istraživanje proširuje, odnosno nastavlja. Izvanredno istraživanje o gupikama Džona Endlera bilo je samo početak koji su drugi imali da nastave i prodube. Jedan od onih koji su to učinili je Dejvid Reznik s Kalifornijskog univerziteta u Riversajdu.

Devet godina pošto je Endler postigao tako spektakularne rezultate s gupikama iz eksperimentalnog potoka, Reznik je s kolegama posetio to mesto i proučio potomke Endlerove eksperimentalne populacije. Mužjaci su bili izrazito drečavi. Evolucioni trend koji su diktirale ženke zapažen u Endlerovom istraživanju silovito se nastavio. I to nije sve. Setite se srebrnih lisica iz poglavlja 3 i toga kako je veštačka selekcija jedne karakteristike (pitomost) povukla za sobom čitav niz drugih karakteristika: promene sezone parenja, izmene ušiju, repa, boje krzna i drugo. Nešto slično se desilo s gupikama pod uticajem prirodne selekcije.

Reznik i Endler su prethodno već bili primetili da su razlike u koloritu gupika pri poređenju populacija iz potoka s jakim i onih iz potoka sa slabim grabljivcima samo vrh ledenog brega. Postoji čitav niz drugih razlika. Gupike iz potoka sa slabim predatorima dostižu seksualnu zrelost kasnije nego gupike iz okruženja s jakim predatorima, i kao zrele jedinke krupnije su; ređe se mreste, dajući manji broj većih potomaka. Kada je Reznik pregledao potomke Endlerovih gupika, otkrića su bila gotovo previše dobra da bi se poverovalo u njih. Gupike koje su mogle slobodno da se povinuju seksualnoj selekciji pod uticajem ženki, a ne selekciji koju su diktirali grabljivci, nisu samo dobile jarke boje: u svim ostalim aspektima koje sam upravo naveo, te ribe su tokom evolucije ostvarile sve ostale dodatne promene identične onim koje obično imaju gupike u divljini u okruženjima bez grabljivaca. Gupike su sazrevale kasnije nego u potocima s predatorima, bile su veće, a potomstvo im je bilo malobrojnije, ali krupnije. Težište je pomereno ka standardima okruženja bez grabljivaca u kojima je prioritet imala seksualna privlačnost. A sve to se odigralo munjevitom brzinom za evolucione standarde. Kasnije u ovoj knjizi videćemo da su evolucione promene koje su primetili Endler i Reznik potpuno proistekle iz prirodne selekcije (isključivo usled seksualne selekcije), dešavale brzinom uporedivom s brzinom promena dobijenih u veštačkoj selekciji domaćih životinja. To je spektakularni primer evolucije koja se dešava pred našim očima.

Jedna od iznenađujućih stvari koje smo naučili o evoluciji jeste to da ona može biti veoma brza - što smo uvideli u ovom poglavlju - i, pod drugačijim okolnostima, veoma spora, o čemu svedoče fosilni zapisi. Najsporija od svega su živa stvorenja koja nazivamo živi fosili. Ona nisu doslovno oživljena poput zamrznutih bakterija Lenskog, već su se toliko malo promenila u odnosu na svoje daleke pretke da ih gotovo možemo smatrati fosilima.



Lingula

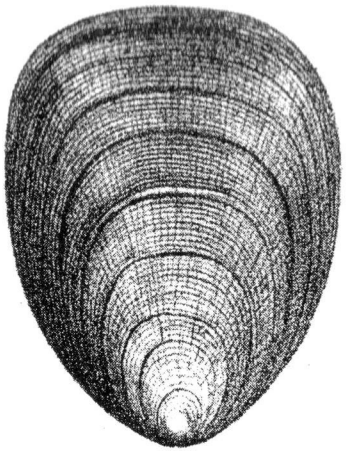
Meni omiljen živi fosil je školjka svetiljka (brahiopoda), *Lingula.* Ne morate znati šta su brahiopode; one bi izvesno bile glavno jelo u meniju restorana morske hrane, da su postojali pre nego što su one izumrle u doba perma, pre četvrt milijardi godina - bilo je to najkatastrofalnije istrebljenje u istoriji. Na prvi pogled, mogli biste ih pomešati s mekušcima s dva kapka - dagnjama - ali prilično se razlikuju od njih. Njihova ljuštura ima gornji i donji kapak, dok ljuštura dagnji ima levi i desni kapak. Mekušci s dva kapka i brahiopode su u evolucionoj istoriji bili, kako je to nenadmašno rekao Stiven Džej Guld, brodovi koji se mimoilaze u noći. Nekoliko brahiopoda je preživelo Veliko umiranje (takođe Guldov izraz), i današnja *Lingula* (prikazana na prethodnoj slici) toliko je slična *Lingulelli,* fosilu na slici desnoga je fosil prvobitno dobio isto ime roda, *Lingula.* Ovaj primerak *Lingulelle* datira iz perioda ordovika, od pre 450 miliona godina. Ali ima fosila koji su takođe isprva nazvani *Lingula,* a sada su poznati pod imenom *Lingulella,* i oni su iz perioda kambrije, dakle iz doba od pre pola milijarde godine.

Ipak, kako jedna fosilizovana školjka ne pruža obilje dokaza za ubedljive zaključke, pojedini zoolozi osporavaju tvrdnju da je *Lingula* gotovo sasvim neizmenjen živi fosil.

Mnogi problemi s kojima se srećemo u debatama o evoluciji javljaju se samo zato što životinje nisu dovoljno uviđavne da evoluiraju istom brzinom, a neke su toliko bezobzirne da uopšte ne evoluiraju. Kad bi postojao prirodni zakon da mera evolucione promene mora uvek biti pokorno srazmerna proteklom vremenu, stepen sličnosti bi verno odražavao blizinu srodnosti. Ipak, stvarnost je takva da se moramo zadovoljiti evolucionim sprinterima poput ptica koje su svoje reptilsko poreklo ostavile u mezozoičkoj prašini - u čemu im je pomogla, prema našem viđenju njihove jedinstvenosti, slučajnost

da su njihovi susedi u evolucionom stablu redom zbrisani u katastrofi s neba. U drugoj krajnosti, moramo se nositi sa živim fosilima poput školjki *Lingula* koje su se, u ekstremnim slučajevima, tako neznatno promenile da bi se bezmalo mogle pariti sa svojim davnim precima, kad bi samo provodadžijski vremeplov mogao da im uredi sastanak.

Lingula nije jedini čuveni primer živog fosila. Takvi su i *Limulus,* potkovičasta kraba, i celakanti, koje ćemo upoznati u narednom poglavlju.



Lingulella – gotovo identična svojim današnjim rođacima

POGLAVLJE 6

KARIKA KOJA NEDOSTAJE? KAKO TO MISLITE - „NEDOSTAJE“?

KREACIONISTI su strasno zaljubljeni u fosilni zapis, jer su naučili (jedni druge) da ponavljaju kako je pun „praznina”: „Pokažite mi te vaše prelazne oblike!” Zaslepljeni (veoma zaslepljeni), zamišljaju kako su te praznine sramota za evolucioniste. U stvari, srećni smo što uopšte imamo fosile na raspolaganju, a da ne pominjemo ogroman broj fosila pomoću kojih sada možemo dokumentovati evolucionu istoriju - mnogi su predivni prelazni oblici, po svim standardima. U poglavljima 9 i 10 objasniću zašto nam fosili nisu potrebni da bismo dokazali evoluciju. Čak i da se nijedan leš nikad nije fosilizovao, evolucija bi izvesno bila dokazana. To što su nam na raspolaganju izdašne rezerve fosila koje samo treba iskopati, i što se svakodnevno otkrivaju novi fosili, samo je bonus. Divno je koliko su jaki fosilni dokazi o evoluciji u mnogim glavnim grupama životinjama. Naravno, praznina ipak ima, i kreacionisti ih opsesivno obožavaju.

Poslužimo se još jednom analogijom s detektivom - on dolazi na mesto zločina za koji nije bilo očevidaca. Ustreljen je baronet. Otisci prstiju i stopala, DNK iz mrlje od znoja na pištolju i jak motiv: sve ukazuje na batlera. Slučaj je prilično jasan, a porota i svi u sudnici uvereni su da je ubica batler. Ali u poslednjem trenutku otkrivenje nov dokaz, neposredno pre nego što će se porota povući i doneti naizgled jedinu moguću presudu da je batler ubica: neko se setio da je baronet postavio skrivene kamere kao dodatnu zaštitu od provalnika. Svi u sudnici gledaju video snimke bez daha. Na jednom od njih,

batler otvara fioku u ostavi, vadi iz nje pištolj, puni ga i, nečujno se šunjajući, izlazi iz sobe a oči mu zlobno sijaju. Možda ste pomislili da to potvrđuje batlerovu krivicu. Ali, sačekajte nastavak. Batlerov advokat lukavo ističe da u biblioteci u kojoj se desilo ubistvo nije bilo kamere, kao ni u hodniku što vodi od ostave. Maše prstom na onaj ubedljiv način svojstven advokatima. „U video zapisu postoji *praznina*! Ne znamo šta se dogodilo po batlerovom izlasku iz ostave. Jasno je, nema dovoljno dokaza da se moj klijent osudi."

Tužilac uzalud ističe da je u sobi za bilijar bila druga kamera a pošto su vrata te prostorije bila otvorena, na snimku se vidi kako se batler, sa otkočenim pištoljem, na vrhovima prstiju prikrada niz hodnik ka biblioteci. Zar to ne popunjava prazninu u video-zapisu? Batlerova krivica je sada neosporna, zar ne? Ne. Odbrana pobednički vadi keca iz rukava. „Ne znamo šta se desilo pre nego što je batler prošao kraj otvorenih vrata sobe za bilijar, ni posle toga. Sada postoje *dve* praznine u zapisu. Dame i gospodo porotnici, završio sam sa odbranom. Dokazi protiv mog klijenta sada su još slabiji nego pre."

Fosilni zapis, poput kamere u priči o ubistvu, predstavlja *bonus* - nešto na šta nismo mogli izvesno da računamo. I bez kamere, ima i više nego dovoljno dokaza da se batler osudi, i porota se spremala da ga proglasi krivim pre otkrića snimka. Slično tome, komparativna proučavanja današnjih vrsta (poglavlje 10) i njihove geografske raspodele (poglavlje 9), pružaju dokaze za evoluciju mnogo opsežnije nego što je neophodno. Fosili nam *nisu* potrebni - evolucija je i bez njih neporeciva; zato je paradoksalno koristiti *praznine* u fosilnom zapisu kao dokaze protiv evolucije. Rekoh već da imamo sreće što su nam fosili dostupni.

Vrlo jak dokaz protiv evolucije *bilo bi* otkriće makar jednog fosila u pogrešnom geološkom sloju. To sam već objasnio u poglavlju 4. Kada su Dž. B. S. Holdejna zapitali šta bi oborilo teoriju evolucije, dao je čuveni odgovor: „Fosili zečeva u prekambriji!" Takvi fosili zečeva, odnosno autentično anahroni fosili bilo koje vrste, nikada nisu nađeni. Svi fosili kojima raspolažemo, a njih je odista mnogo, bez izuzetka potiču iz odgovarajućeg vremenskog perioda. Istina, postoje praznine, odnosno periodi bez ikakvih fosila, i to je očekivano. Ali nije nađen ni jedan jedini fosil iz perioda *pre* nego što je mogao da evoluira. Ta činjenica mnogo govori (i nema razloga da očekujemo kako će se naći u kreacionističkoj teoriji). U poglavlju 4 objasnio sam šta je dobra, naučna teorija: ona koja se može pobiti, ali nije pobijena. Evolucija se lako može opovrgnuti ako se pojavi jedan fosil iz pogrešnog

razdoblja. Taj test je evolucija lako položila. Sumnjičavci u evoluciju koji bi da dokažu kako su u pravu trebalo bi da marljivo kopaju po stenama, očajnički pokušavajući da pronađu anahrone fosile. Možda i nađu neki. Da se kladimo?

Najveća praznina, kreacionistima omiljena, smeštena je neposredno pred kambrijsku eksploziju. Pre nešto više od pola milijarde godina, u periodu kambrije, iznenada su „iskrsli" skoro svi veliki životinjski tipovi - glavne kategorije u podeli životinjskog sveta. Pojava iznenadna ne po tome što se trenutno odigrala, nego zato što u stenama starijim od kambrije nema fosila ovih životinjskih grupa: period pojavljivanja pokriva oko 20 miliona godina. Dvadeset miliona godina čini se kratkim razdobljem kad se odigrava pre pola milijarde godina, ali svakako predstavlja isti vremenski raspon za evoluciju kao 20 miliona godina u današnje vreme! U svakom slučaju, pojava je i dalje prilično iznenadna i, kako sam napisao u jednoj od prethodnih knjiga, kambrija pokazuje da je znatan broj glavnih životinjskih tipova

> već u poodmaklom stadijumu evolucije pri prvoj svojoj pojavi. Kao da su tek tako podmetnuti tu, bez ikakve evolucione istorije. Nepotrebno je reći da je ovaj privid iznenadnog poturanja oduševio kreacioniste.

Bio sam dovoljno pronicljiv, vidi se to iz poslednje rečenice, i uvideo da će kreacionisti voleti kambrijsku eksploziju. Ali ipak nisam bio dovoljno vidovit da tada (1986. godine) predvidim kako će radosno i bez prestanka citirati moje reči u svoju korist, pažljivo izostavljajući moje pažljivo objašnjenje. Iz čistog ćefa, upravo sam na Webu potražio drugu rečenicu iz navedenog pasusa, na engleskom: „It is as though they were just planted there, without any evolutionary history" - rezultat je preko 1250 hiperveza. Da bih grubom proverom preispitao valjanost moje hipoteze po kojoj se iza većine tih hiperveza kriju citati koje kreacionisti zloupotrebljavaju navodeći ih izvan konteksta, potražio sam, poređenja radi, rečenicu što neposredno sledi iza poslednje navedene rečenice ovog citata iz *Slepog časovničara:* „Evolutionists of ali stripes believe, however, that this really does represent a very large gap in the fossil record". (Međutim, evolucionisti svih vrsta smatraju da je to odista velika praznina u fosilnom zapisu.) Dobio sam ukupno 63 hiperveze - uporedite to sa 1250 stranica na Webu za prethodnu rečenicu. Količnik brojeva 1250 i 63 je 19,8. Taj odnos mogli bismo nazvati indeksom zloupotrebljenosti citata.

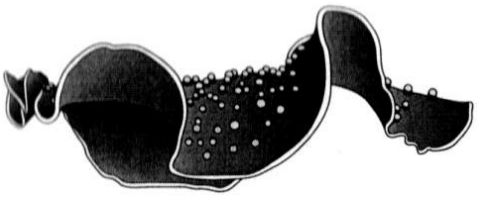
Kambrijsku eksploziju već sam detaljno razmatrao, naročito u knjizi

Rasplitanje duge. Na ovom mestu pomenuću samo jedan zaključak, potkrepljujući ga primerom s pljosnatim crvima (tip *Platyhelminthes).* U taj veliki tip crva spadaju metilji i pantljičare koji su vrlo bitni u medicini. Meni su omiljene neparazitske planarije (trepljasti crvi) kojih ima preko četiri hiljade vrsta - dakle, koliko i svih vrsta sisara zajedno. Neke od tih planarija su predivna stvorenja, na primer dve sa slike na naspramnoj strani. Rasprostranjene su i u vodi i na kopnu, a tako je verovatno već dugo. Zato se čini logičnim da imaju bogatu fosilnu istoriju. Nažalost, njihovih fosilnih zapisa gotovo da uopšte nema. Pored nekoliko nejasnih fosilnih tragova, nijedan fosil pljosnatog crva nije nađen. Crvi tipa *Platyhelminthes* „već su u poodmaklom stadijumu evolucije pri prvoj svojoj pojavi. Kao da su tek tako podmetnuti tu, bez ikakve evolucione istorije". Ali u ovom slučaju, „prva pojava" nije u kambriji, već u današnje vreme. Uviđate li šta to znači, ili šta bi bar trebalo da znači kreacionistima? Oni veruju da su pljosnati crvi stvoreni u istih sedam dana kao sva ostala stvorenja. Dakle, imali su isto vreme za fosilizaciju kao druge životinje. U svim onim vekovima tokom kojih su se sva ta stvorenja sa endoskeletom i egzoskeletom fosilizovala u hiljadama, pljosnati crvi su izvesno živeli sretno kraj njih, ali ne ostavljajući nikakav značajniji trag svog postojanja u stenama. Zašto su, onda, praznine u zapisima onih životinja koje *jesu* fosilizovane toliko posebne, kada je čitava istorija pljosnatih crva *velika praznina* a pljosnati crvi, po kreacionistima, žive isto toliko dugo? Ako se praznina pre kambrijske eksplozije koristi kao dokaz iznenadne pojave većine životinja u kambriji, istom logikom se može zaključiti da su se pljosnati crvi pojavili tek juče. To je u suprotnosti sa uverenjima kreacionista da su pljosnati crvi načinjeni u istoj nedelji stvaranja kao i sve ostalo. Ne može i jedno i drugo biti istina. Ovaj argument jednim potezom obara kreacionističku tvrdnju da prekambrijska praznina u fosilnom zapisu osporava evoluciju.

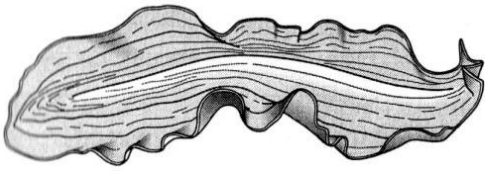
Zašto je, iz perspektive evolucije, toliko malo fosila iz prekambrijskog perioda? Pretpostavljam da su isti faktori koji su važili za pljosnate crve tokom geološkog vremena do danas uticali i na ostatak životinjskog carstva pre kambrije. Verovatno je većina životinja pre kambrije bila mekušasta poput današnjih pljosnatih crva, i prilično mala, kao što su moderne planarije - a to nije baš dobar materijal za fosilizaciju. Onda se pre pola milijarde godina desilo nešto što je omogućilo životinjama da se slobodno fosilizuju - na primer, formiranje čvrstih, mineralizovanih skeleta.

Ranije se namesto „praznine u fosilnom zapisu" govorilo „karika koja

nedostaje” Taj izraz bio je uvrežen u kasnoviktorijanskoj Engleskoj i održao se i u 20. veku. Budući proistekao iz pogrešnog razumevanja Darvinove teorije, koristio se kao uvreda, otprilike kao što se danas u neobaveznoj komunikaciji (nepravedno) poteže reč neandertalac. Među odabranim citatima iz *Oksfordskog rečnika engleskog jezika* jesu i reči D. H. Lorensa iz 1930. godine o ženi koja mu je napisala kako njegovo ime „smrdi”, dodajući: „Vi, mešavino karike koja nedostaje i šimpanze.”



Planarije – o njima nema fosilnih zapisa, ali morale su postojati sve vreme



Izvorno značenje, zbunjujuće - kao što ću pokazati - sugerisalo je da darvinističkoj teoriji nedostaje nužna karika između ljudi i drugih primata. U drugom ilustrativnom citatu, viktorijanskom, ovaj izraz se koristi na sledeći način: „I’ve heard talk o’ some missing link, atween men and puggies” („puggie” je škotska reč za majmuna).[28] Poricatelji istorije i dan danas rado rado nabace podrugljivo, ili tako bar misle: „Ali još uvek niste pronašli kariku koja nedostaje”, a često uz to pomenu i Piltdaunskog čoveka, da bi se dodatno narugali. Niko ne zna ko je izveo Piltdaunsku prevaru, ali taj bi imao da odgovara za mnogo toga.[29] Činjenica da je jedan od prvih kandidata za fosil čovekolikog majmuna na kraju ispao lažan, pružila je izgovor poricateljima istorije da zanemare mnogobrojne autentične fosile; i još uvek nisu prestali da likuju nad tim. Kada bi samo uzeli u obzir činjenice, brzo bi uvideli da im je na raspolaganju mnoštvo prelaznih fosila koji povezuju modernog čoveka sa zajedničkim pretkom ljudi i šimpanza (naravno, u okviru ljudske evolucione grane). Zanimljivo je da još uvek nema fosila koji povezuju tog pretka (koji nije bi ni šimpanza ni čovek) s modernim šimpanzama. Možda je razlog životno okruženje šimpanza - šume ne pružaju dobre uslove za fosilizovanje. Ako neko ima prava da se žali na karike koje

nedostaju, to su šimpanze, a ne ljudi!

To je jedno značenje izraza „karika koja nedostaje" - navodna praznina između ljudi i ostatka životinjskog carstva. Karika koja nedostaje, blago rečeno, više ne nedostaje. Ovome ću se vratiti u narednom poglavlju čija su tema upravo ljudski fosili.

Drugo značenje se odnosi na navodnu oskudnost takozvanih prelaznih oblika između glavnih grupa: na primer, između gmizavaca i ptica, ili između riba i vodozemaca. „Dajte prelazne oblike!" Odgovor evolucije na izazov poricatelja istorije jesu kosti *Archaeopteryxa,* čuvenog prelaznog oblika između gmizavaca i ptica. To je greška. *Archaeopteryx* nije odgovor na izazov, jer izazov vredan odgovora i ne postoji.

Pozivanje na jedan čuveni fosil kakav je fosil *Archaeopteryxa* podstiče zabludu. Zapravo, za veliki broj fosila se opravdano može reći da su prelazni oblici između dve grupe živih bića. Navodni izazov na koji je, reklo bi se, odgovor *Archaeopteryx,* zasniva se na prevaziđenom konceptu u prošlosti zvanom lestvica života (lat. *scala naturae*); pod tim nazivom ću ga razmotriti kasnije u ovom poglavlju.

Najblesaviji od tih izazova iz teorije o karici koja nedostaje jesu naredna dva (ili neke od njihovih mnogobrojnih varijanata). Prvi se može izraziti sledećim pitanjem: „Ako su ljudi nastali od majmuna preko žaba i riba, zašto u fosilnom zapisu nema žabomajmuna?" Video sam islamskog kreacionistu kako nadmeno pita zašto nema krokopataka. Drugi izazov se svodi na narednu izjavu: „Verovaću u evoluciju kada budem video da majmunica rađa ljudsku bebu". Pored greške koja je u osnovi svih ovakvih izazova, uz ovaj ide i shvatanje da se krupne evolucione promene dešavaju preko noći.

Ove dve zablude su se našle jedna uz drugu u dugoj listi komentara na članak u londonskom *Sunday Timesu* o televizijskom dokumentarcu o Darvinu u kome sam ja bio prezenter:

> Dokinsovo mišljenje o religiji je apsurdno, pošto evolucija nije ništa drugo do religija - u tvrdnju da smo svi potekli od jedne ćelije mora se verovati... kao i u tvrđenje da je puž nastao od majmuna itd. Ha, ha - to je najsmešnija religija do sada!!
>
> Džojs, Vorvikšir, Engleska

> Dokins bi trebalo da objasni zašto nauka nije uspela da pronađe karike koje nedostaju. Vera u neosnovanu nauku više je materijal za bajke nego vera u Boga.

Bob, Las Vegas, SAD

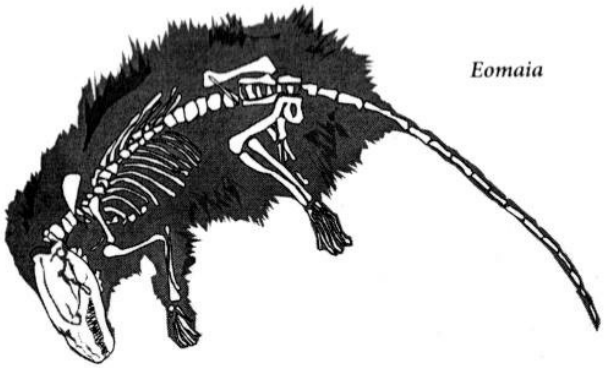
U ovom poglavlju odgovoriću na sve ovakve zablude, počev od najblesavije, pošto će odgovor na nju poslužiti kao uvod u ostale.

„POKAŽI MI SVOJU KROKOPATKU!”

„Zašto u fosilnom zapisu nema žabomajmuna?“ Naravno, majmuni nisu potomci žaba. Nijedan evolucionista pri zdravoj pameti nije rekao tako nešto za majmune, niti je tvrdio da su patke nastale od krokodila ili obrnuto. Majmuni i žabe imaju istog pretka koji zasigurno nije nimalo ličio ni na žabu niti na majmuna. Možda je pomalo podsećao na daždevnjaka, a i raspolažemo fosilima nalik daždevnjacima koji datiraju iz predviđenog vremenskog razdoblja. Ali, nije u tome stvar. Svi ti milioni životinjskih vrsta imaju zajedničkog pretka. Ako je vaše shvatanje evolucije toliko iskrivljeno pa mislite kako bi trebalo da očekujemo da vidimo žabomajmuna i krokopatku, nahranite sarkazam i činjenicom da nema nilskog psa i slonopanze. Zašto biste se ograničili na sisare? Zašto ne bi postojali i kengurošvaba (prelazni oblik između kengura i bubašvabe), ili oktopard (prelazni oblik između oktopoda i leoparda)? Na raspolaganju vam je beskonačno mnogo imena životinja koje možete spojiti na ovakav način.[30] Naravno, nilski konji nisu potomci pasa, niti važi obrnuto. Šimpanze nisu potomci slonova niti slonovi vode poreklo od šimpanza. Nijedna današnja vrsta nije nastala od druge današnje vrste (zanemarimo li nedavna evoluciona grananja). Kao što možete naći fosile koji bi nalikovali zajedničkom pretku žabe i majmuna, tako se mogu naći fosili bliski zajedničkom pretku slona i šimpanze. Evo jednog, *Eomaiae,* koji je živeo početkom krede, pre nešto više od 100 miliona godina.

Kao što vidite, *Eomaia* nije bio nimalo nalik ni šimpanzi ni slonu. Pomalo liči na rovčiću, verovatno je bio vrlo sličan njihovom zajedničkom pretku koji je živeo približno u istom dobu, a možete videti da se duž putanja od pretka nalik *Eiomaii* do potomka slona i do potomka šimpanze odigralo mnogo evolucionih promena. Ali potomak ni po kom kriterijumu ne može biti slonopanza. Da je tako, postojali bi i psamantini, jer šta god da je zajednički predak šimpanze i slona, takođe je zajednički predak psa i lamantina. A morao bi biti i nilski mravojed, jer taj predak je i zajednički predak južnoafričkog mravojeda i nilskog konja. Sama ideja o psanatu (ili slonopanzi, nilskom mravojedu, kengurošvabi ili bizolavu) duboko je

neevoluciona i smešna. Takva je i ideja o žabomajmunu, i sramota je što je tvorac te sitne budalaštine, australijski putujući propovednik Džon Mekej, 2008. i 2009. godine obilazio britanske škole, predstavljajući se kao geolog, učeći nevinu decu da bi, kad bi bilo evolucije, u fosilnom zapisu bilo i žabomajmuna.



Van pameti je i primer iz ogromne, raskošno priređene, gizdavo ilustrovane i blesavo neznalačke knjige *Atlas stvaranja (Atlas of Creation*), muslimanskog apologete Haruna Jahje. Priprema i štampanje te knjige zasigurno su stajali pravo bogatstvo, što samo doprinosi čuđenju nad činjenicom da je besplatno deljena desetinama hiljadama nastavnika prirodnih nauka, među njima i meni. Uprkos čudesnim novčanim iznosima potrošenim na ovu knjigu, ima grešaka koje su postale čuvene. Kako bi ilustrovao neistinu da se većina drevnih fosila ne može razlučiti od svojih današnjih pandana, Jahja prikazuje morsku zmiju kao jegulju (ove dve životinje se toliko razlikuju da su svrstane u različite klase kičmenjaka), morsku zvezdu kao morsku zmijuljicu (pripadaju različitim klasama bodljokožaca), morskog crva iz podreda *Sabellida* (tipa *Annelida)* kao morski krin (koji je bodljokožac: ove životinje ne samo da potpadaju pod različite tipove već im ni podcarstva nisu ista, te teško mogu biti u daljim rodbinskim odnosima jedna od druge - jedino zajedničko im je to što su životinje), i - ovo je najbolji primer od svih - mamac za ribe kao tularaša (videti stranu 8 u boji).

Kao dodatak tim draguljima koji izazivaju glasan smeh, ova knjiga ima odeljak o karikama koje nedostaju. Jedna slika je uvršćena sa ozbiljnom namerom da ilustruje činjenicu kako nema prelaznog oblika između ribe i morske zvezde. Teško mi je poverovati u to kako autor zbilja misli da bi evolucionisti mogli očekivati da pronađu prelazni oblik između dve tako različite životinje kao što su morska zvezda i riba. Zato ne mogu da se otmem utisku da on vrlo dobro poznaje svoje čitaoce i da namerno i cinično

zloupotrebljava njihovo neznanje.

„POVEROVAĆU U EVOLUCIJU KADA MAJMUNICA RODI LJUDSKU BEBU”

Ponavljam: ljudi nisu potekli od majmuna. Imamo zajedničkog pretka koji bi mnogo više nalikovao majmunu nego čoveku - verovatno bismo ga nazvali majmunom da smo ga sreli pre nekih 25 miliona godina. Ali iako su ljudi evoluirali od pretka kog bi razumno bilo zvati majmunom, nijedna životinja ne rađa najednom novu vrstu, ili barem ne vrstu koja se od nje razlikuje koliko čovek od majmuna ili čak od šimpanze. Evolucija se ne odvija na takav način. To što je postepena, nije samo puka činjenica; ona *mora* da bude postepena ukoliko treba da posluži kao bilo kakvo objašnjenje minulih događaja. Krupni skokovi u jednoj generaciji - što bi se desilo kad bi majmunica rodila ljudsku bebu - gotovo su jednako neverovatni kao božansko stvaranje, i odbacuju se iz istog razloga: previše su statistički nemogući. Bilo bi lepo kada bi se protivnici evolucije malo pomučili da nauče osnove onog što osporavaju.

POGUBNA ZAOSTAVŠTINA LESTVICE ŽIVOTA

Iza pogrešnog zahteva za „karikama koje nedostaju”, prepoznaje se jedan srednjevekovni mit koji je zaposeo muške umove sve do Darvinovog doba, a i posle toga je nastavio da stvara zabune u njima. Reč je o mitu o lestvici života, prema kome je sve u kosmosu organizovano u lestvicu na čijem vrhu je Bog - pod njim su arhanđeli, potom anđeli različitih rangova, ispod njih su ljudska bića, još niže su životinje, posle su biljke, a na kraju je kamenje i druge tvari. S obzirom na to da su koreni ove podele u vremenu kad je rasizam bio poput urođene osobine, gotovo je nepotrebno pomenuti da nisu sva ljudska bića sedela na istoj prečagi. Ne, nikako. Naravno, muškarci su bili dobru prečagu iznad žena svoje fele (zato sam dopustio sebi izjavu „zaposeo *muške* umove” u početnoj rečenici ovog odeljka). Ali najveći kapacitet da smrsi konce ideji o evoluciji pošto je ugledala svetlost dana, imala je navodna podela u okviru životinjskog carstva. Pretpostavka da su „niže” životinje evoluirale u „više”, činila se prirodnom. A ako je bilo tako, trebalo bi da postoje „karike” između njih, od vrha do dna lestvice i u

obrnutom smeru. Lestvica kojoj nedostaje veliki broj prečaga nije uverljiva. Iza dobrog dela skepticizma usled „karika koje nedostaju", vreba ta slika lestvica bez prečaga. Ali čitav mit o lestvici pogrešan je i neevolucionistički u samoj osnovi, što ću i pokazati.

Tako olako delimo životinje na više i niže da nas šokira spoznaja kako ta podela, iako bi se moglo učiniti da se savršeno uklapa u evoluciono razmišljanje, danas kao i pre nije mu uopšte svojstvena. Mislimo da znamo da su šimpanze više, a kišne gliste niže životinje, mislimo da smo oduvek znali šta to znači, i da evolucija čak to razjašnjava. Ali ona to ne čini. Ne postoji ništa što jasno potvrđuje smislenost takvog razmišljanja. Ili, ako ima nekog smisla, on je toliko višeznačan da može navesti na pogrešne, čak i na pogubne zaključke.

Evo spiska manje-više sasvim pogrešnih stvari koje su vam možda na umu kad pomenete da je - na primer - majmun viša životinja od kišne gliste.

1 *„Majmuni su nastali evolucijom od kišnih glista".* To je pogrešno, kao što je pogrešna tvrdnja da su ljudi nastali od šimpanza evolucijom. Majmuni i kišne gliste imaju zajedničkog pretka.

2 *„Zajednički predak majmuna i kišnih glista bio je više nalik kišnoj glisti nego majmunu".* To bi se moglo protumačiti na različite načine. Reč primitivan bi mogla biti poluprecizna, ukoliko definišete da znači nalik precima - tačno je da su neke današnje životinje po tome primitivnije od drugih. Ako pažljivije razmislimo o tome, takva tvrdnja zapravo znači da se primitivnija od dve vrste manje izmenila u odnosu na zajedničkog pretka (ako se ode dovoljno daleko u prošlost, *sve* vrste, bez izuzetka, dele zajedničkog pretka). Ukoliko nijedna od dve vrste nije doživela dramatičnije promene od druge, reč primitivan ne bi trebalo koristiti u njihovom poređenju.

Ovde bih napravio predah i ukazao na nešto što je u vezi sa ovim izlaganjem. Teško je izmeriti stepen sličnosti. A u svakom slučaju nema *nužnog* razloga za tvrdnju da je zajednički predak dve moderne životinje bio više nalik jednoj nego drugoj. Uporedimo li dve životinje - na primer, haringu i sipu - vidimo kako je *moguće* da jedna od njih više podseća na zajedničkog pretka nego druga, ali to nije *neizostavno.* Obe vrste imale su na raspolaganju isto vreme da razviju odlike različite od pretkovih, te bi evolucionista pre mogao očekivati da nijedna današnja životinjska vrsta nije primitivnija od drugih. Mi bismo očekivali da su u istoj meri drugačije od zajedničkog pretka ali se proces menjanja odvijao u različitim smerovima.

Takvo očekivanje jeste često pogrešno (kao u slučaju s majmunom i kišnom glistom), ali ne postoji nužan razlog za pretpostavku da će biti pogrešno. Povrh toga, moguće je da nisu svi delovi životinje jednako evoluirali. Životinja je možda primitivna od struka nadole, ali sa izrazito evoluciono napredovalom gornjom polovinom tela. Uzmimo drugi, manje šaljiv primer: jedna životinja bi mogla imati primitivan nervni sistem, a druga primitivan skelet. Skrećem vam posebnu pažnju na to da „primitivan“ u smislu „sličnosti s precima” ne mora podrazumevati i „jednostavan” (manje složen). Konjsko stopalo je jednostavnije od ljudskog (na primer, ima samo jedan prst umesto pet prstiju), ali ljudsko stopalo je primitivnije (zajednički predak ljudi i konja imao je pet prstiju kao mi, tako da se konj više promenio u odnosu na njega). To nas vodi do naredne stavke u našoj listi.

3 *„Majmuni su pametniji* [*ili lepši, imaju veće genome, složeniju strukturu tela itd*.] *od kišnih glista.”* Ovakav zoološki snobizam stvara haos pokušate li da ga primenite u nauci. Pominjem ga samo zato što se tako lako pomeša s drugim značenjima, a zabluda se najbolje odagna kad se obrazloži. Moguće je zamisliti veliki broj lestvica hijerarhije životinja, a ne samo četiri koje sam pomenuo. Životinje koje su visoko na nekoj od tih lestvica mogu se na nekoj drugoj lestvici naći na nižoj prečagi. Sisari neosporno imaju veći mozak od daždevnjaka, ali genom im je manji nego u pojedinih daždevnjaka.

4 *„Majmuni su više nalik ljudima od kišnih glista.”* To je izvesno tačno za ovaj konkretan primer s majmunima i kišnim glistama. Šta s tim? Zašto bi ljudi bili standard za ocenjivanje drugih organizama? Uvređena pijavica bi mogla istaći vrlinu kišnih glista da su više nalik pijavicama od ljudi. Uprkos tradicionalnoj poziciji ljudi između životinja i anđela na lestvici života, uvrežena pretpostavka da je evolucija usmerena prema ljudima ili da su ljudi poslednja reč evolucije nema nikakvog evolucionog opravdanja. Zadivljujuće je kako se lako ova egocentrična pretpostavka širi. Njen najsiroviji oblik prepoznaje se u sveprisutnoj pritužbi: „Ako su šimpanze evoluirale u nas, kako to da ih još uvek ima?” Ovo sam već pomenuo, i to ne u šali. To pitanje mi neprestano postavljaju, ponekad i, reklo bi se, dobro obrazovani ljudi.[31]

5 *„Majmuni [i druge „više” životinje] sposobnije su za preživljavanje od kišnih glista [i drugih „nižih” životinja].”* Ovo čak nema ni naznake smislene izjave, a kamoli istinite. Sve žive vrste su opstale, barem do

današnjih dana. Pojedinim vrstama majmuna, kao što je zlatni lavlji tamarin, preti istrebljenje. Mnogo manje su sposobni da prežive nego kišne gliste. Pacovi i bubašvabe se šire na sve strane, uprkos tome što ih mnogi ljudi smatraju „nižim" od gorila i orangutana koji su u opasnosti da budu istrebljeni.

Nadam se da sam rekao dovoljno da pokažem koliko je besmisleno raspoređivati današnje vrste po lestvici kao da je očigledno šta smatrate „višim" i „nižim", i kako je to apsolutno nerevolucionarno. Možete zamisliti obilje lestvica; možda bi ponekad imalo smisla rangirati životinje na barem nekima, nezavisno od drugih lestvica, ali lestvice nisu dobro međusobno usklađene i ni za jednu ne možemo s pravom reći da je evoluciona. Znamo za iskušenje iz prošlosti da se naprave grube greške u koje ubrajam i nedoumicu tipa: „Zašto nema žabomajmuna?" Ali pogubno nasleđe lestvice života potpiruje izazov u vidu pitanja: „Gde su prelazni oblici između glavnih životinjskih grupa?" i, gotovo isto tako sramno, hrani poriv evolucionista da *odgovore* na takav izazov izlaganjem određenih fosila poput *Archaeopteryxa,* čuvenog „prelaznog oblika između gmizavaca i ptica". Međutim, nešto drugo se krije iza pogrešnog prosuđivanja u slučaju *Archaeopteryxa,* i to je opšte važno; zato ću tome posvetiti nekoliko pasusa, koristeći *Archaeopteryx* kao konkretan primer za opšti slučaj.

Zoolozi tradicionalno dele kičmenjake na *klase,* velike grupe kao što su sisari, ptice, gmizavci i vodozemci. Pojedini zoolozi zvani kladisti[32] smatraju da se prava klasa mora sastojati od životinja sa zajedničkim pretkom koji je pripadao toj klasi i koji nema potomaka izvan te grupe.

Primer dobre klase po toj definiciji su ptice.[33] Sve ptice potiču od istog pretka koji bi se danas takođe zvao pticom i delio bi s modernim pticama iste ključne karakteristike svojstvene pticama: perje, krila, kljun itd. Životinje koje uobičajeno smatramo gmizavcima nisu dobra klasa po tom kriterijumu. Razlog je to što ova kategorija, barem po konvencionalnim klasifikacijama, izričito *ne obuhvata* ptice (one tvore posebnu klasu), a ipak, za pojedine gmizavce (na primer, krokodile i dinosauruse) standardno se smatra da su srodniji pticama nego drugim gmizavcima (recimo, gušterima i kornjačama). Pojedini dinosaurusi zaista su bliži rođaci pticama nego drugim dinosaurusima. Dakle, gmizavci nisu prirodno definisana klasa, jer su ptice namerno *izostavljene* iz nje. Ako bismo hteli da gmizavce učinimo pravom prirodnom klasom u strogom smislu, morali bismo pribrojati i ptice.

Kladistički nastrojeni zoolozi i izbegavaju reč gmizavci, i te životinje dele na redove *Archosauria* (krokodili, dinosaurusi i ptice), *Lepidosauria* (zmije, gušteri i retke tuatare s Novog Zelanda) i *Testudines* (kopnene i morske kornjače). Ostali zoolozi rado koriste reč gmizavac zbog deskriptivne prednosti, iako su iz te odrednice veštački izostavljene ptice.

Ali šta je to s pticama što nas nagoni da ih razdvajamo od gmizavaca? Šta nam je opravdanje da ih proglasimo klasom, kad su, evoluciono govoreći, u istoj grani kao gmizavci? To je činjenica da su izumrli pticama najbliži gmizavci, njihovi bliski susedi na drvetu života, dok su ptice, jedinstvene u svojoj vrsti, opstale. Najbliže rođake ptica valja tražiti među davno izumrlim dinosaurusima. Da su raznovrsni sojevi dinosaurusa preživeli, ptice se ne bi isticale: ne bi bile izdvojene kao posebna klasa kičmenjaka, a mi ne bismo postavljali pitanja kao: „Gde su karike između gmizavaca i ptica?" Fosil *Archaeopteryxa* bi i dalje krasio vaš muzej, ali ne bi kao danas imao glavnu ulogu kao opipljiv odgovor na (ono za šta sada jasno vidimo da je) isprazan izazov: „Prelazne oblike na sunce!" Da su karte istrebljenja drugačije podeljene, mnoštvo dinosaurusa bi danas trčkaralo naokolo, među njima i pernati, leteći, kljunasti dinosaurusi zvani ptice. Zaista se danas otkriva sve više fosilizovanih pernatih dinosaurusa, pa je sve očitije da i nema krupnog izazova u otkrivanju karika koje nedostaju a čiji je odgovor *Archaeopteryx.*

Nastavimo razmatranje o nekim od glavnih tranzicija u evoluciji za koje navodno nedostaju veze.

PRAVO IZ MORA

Zanemarimo li let u kosmos, teško je zamisliti smeliji korak ili potez koji bi više izmenio život od prelaska iz vode na kopno. Te dve životne sredine razlikuju se u toliko mnogo aspekata da je pri selidbi iz jedne u drugu neophodna radikalna promena gotovo svih delova tela. Škrge, efikasne za izdvajanje kiseonika iz vode, beskorisne su u vazduhu, a nikakve koristi od pluća u vodi. Pogonski mehanizmi koji omogućavaju brzo, elegantno i efikasno kretanje u vodi, na tlu generišu nespretne, rizične pokrete, i obrnuto. Ne čudi što su izrazi „riba na suvom" i „kao davljenik" ušli u svakodnevni žargon. Ne iznenađuje ni to što karike koje nedostaju u ovoj oblasti fosilnih zapisa pobuđuju veće zanimanje od uobičajenog.

U dovoljno dalekoj prošlosti, sve je živelo u moru - vodenoj, slanoj *alma mater* svekolikog života. U raznim trenucima evolucione istorije,

preduzimljive jedinke iz mnogih različitih životinjskih grupa prešle su na kopno - neke od njih su stigle do najisušenijih pustinja - noseći u svojoj krvi i ćelijskoj tečnosti sopstvenu morsku vodu. Pored gmizavaca, ptica, sisara i insekata koje vidimo oko sebe, u grupe koje su uspešno preduzele veliku seobu iz vodene materice života spadaju škorpije, puževi, rakovi poput mokrice i kopnene krabe, stonoge, pauci i ostale paukolike životinje, i barem tri tipa crva. Ne smemo zaboraviti ni biljke, jedine proizvođače iskoristljivog ugljenika, bez čije se prethodne invazije na kopno ne bi mogla odigrati nijedna druga migracija.

Srećom, prelazne etape naše seobe, kad su ribe stupile na kopno, na divan način su dokumentovane u fosilnom zapisu. Isto važi i za prelazne etape selidbe u suprotnom smeru, povratak predaka kitova i dugonga iz njihovog teško osvojenog kopnenog doma u mora iz kojih su potekli. U oba slučaja, karika koje su nekad nedostajale sada je na pretek u našim muzejima.

Kad kažemo da su ribe prešle na kopno, ne smemo zaboraviti da one, kao i gmizavci, ne tvore prirodnu grupu. Klasa riba definiše se po principu izuzimanja. Sve ribe su kičmenjaci izuzev onih koje su se preselile na kopno. Pošto se rana evolucija kičmenjaka potpuno odigrala u vodi, ne iznenađuje činjenica da je većina preživelih grana stabla kičmenjaka i dalje u moru. A i dalje ih nazivamo ribama, i pored toga što su samo daleki rođaci drugih riba. Pastrmka i tuna su bliži rođaci ljudima nego ajkulama, ali ipak ih zovemo ribama. A plućašice i celakanti srodniji su ljudima nego pastrmki i tuni (i, naravno, ajkulama) ali i njih zovemo ribama. Čak su i ajkule u bližim rođačkim vezama s ljudima nego sa zmijuljicama i slepuljama (jedinim preživelim pripadnicima nekad rasprostranjene i raznolike klase bezviličnih kičmenjaka), a ipak ih smatramo ribama. Kičmenjaci čiji se preci nisu usudili da kroče na kopno, redom liče na ribe - plivaju poput riba (za razliku od delfina koji plivaju savijajući kičmu gore-dole, umesto pokretima postrance kao ribe), i imaju, pretpostavljam, ukus kao riba.

Za evolucionistu, prirodna grupa životinja je ona čiji su članovi u bližim rodbinskim vezama među sobom nego sa životinjama izvan grupe - to odslikavaju gmizavci i ptice. Videli smo da su ptice prirodna grupa, pošto imaju najmlađeg zajedničkog pretka kog ne dele s ne-pticama. Po istoj definiciji, ribe i gmizavci nisu prirodne grupe. Najmlađi zajednički predak svih riba je i predak mnogih ne-riba. Zanemarimo li naše daleke rođake ajkule, mi, sisari, pripadamo prirodnoj grupi u koju spadaju sve današnje košljoribe (nasuprot rušljoribama kakve su ajkule). Izuzmemo li sada

zrakoperke (losos, pastrmka, tuna, skalar - gotovo sve ribe s kojima biste se mogli susresti, a nisu ajkule), prirodna grupa kojoj pripadamo obuhvata sve kopnene kičmenjake i sarkopterigije. Mi smo potekli od sarkopterigija, i moramo im pokloniti posebnu pažnju.

Sarkopterigije su se danas svele na plućašice i celakante (gotovo su iščezle kao ribe, ali preplavile su kopno: mi, kopneni kičmenjaci, izobličene smo plućašice). *Stare četvoronožne (Old Fourlegs*) - tako se zvala popularna knjiga o celakantima autora Dž. L. B. Smita, južnoafričkog biologa. On je skrenuo pažnju javnosti na njih posle dramatičnog otkrića prvog živog celakanta 1938. godine u mreži južnoafričkog ribarskog brodića: „Manje bih se iznenadio da sam video dinosaurusa kako hoda niz ulicu.” Celakanti su već bili poznati kao fosili, ali smatralo se da su izumrli od vremena dinosaurusa. Smit je dirljivo opisao trenutak kad je prvi put ugledao zapanjujuće otkriće koje mu je predočila pronalazač, Margaret Latimer (kasnije je ribu nazvao *Latimeria*), tražeći njegovo stručno mišljenje:

> Otišli smo pravo u muzej. Gospođica Latimer je nakratko bila izašla, čuvar nas je uveo u prostoriju, a tamo je bio on - celakant, o, Bože! Iako sam došao pripremljen, čim sam bacio prvi pogled na njega osetio sam se kao pogođen zaslepljujućom eksplozijom, nesigurno i nelagodno, a telo mi je zadrhtalo. Stajao sam kao okamenjen. Nije bilo ni trunke sumnje - krljušt po krljušt, kost po kost, peraje po peraje, pravi celakant. Kao da je oživelo jedno od onih stvorenja od pre dvesta miliona godina. Zaboravio sam na sve i nisam prestajao da zurim, a onda sam se gotovo uplašeno približio, dodirnuo ga i pogladio, dok je moja žena nemo posmatrala. Gospođica Latimer je ušla i toplo nas pozdravila. Tek tad mi se povratio govor. Zaboravio sam šta sam tačno rekao, ali potvrdio sam da je to pravi, da je izvan svake sumnje to zaista pravi celakant. Čak ni ja to nisam mogao dalje dovoditi u pitanje.

Celakanti su srodniji nama nego većini riba. Donekle su se izmenili od doba našeg zajedničkog pretka, ali nedovoljno da se izuzmu iz kategorije životinja koje se neformalno i među ribarima svrstavaju u ribe. Ali zajedno s plućašicama, oni su izvesno bliži rođaci nama nego pastrmci, lososu, tuni i većini riba. Celakanti i plućašice primeri su živih fosila.

Ipak, mi nismo potekli ni od plućašica niti od celakanta. S plivačicama delimo pretka koji je više ličio na njih nego na nas. Ali sličnost nije velika ni s njima ni s nama. Plućašice su možda živi fosili, ali ipak nisu previše nalik

našim precima - njih moramo da potražimo među pravim fosilima u stenama. Posebno su nam važni fosili iz devona koji dokumentuju prelaz između riba stanara voda i prvih kičmenjaka koji su živeli na kopnu. Preterano optimistično je očekivati da vidimo naše pretke čak i među pravim fosilima. Međutim, možemo se nadati da ćemo naći rođake naših predaka koji su im dovoljno bliski da steknemo približnu predstavu o tome kako su izgledali.

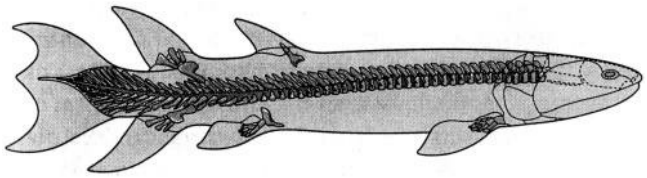
Jedna od najčuvenijih praznina u fosilnom zapisu - dovoljno upadljiva da dobije ime Romerova praznina (A. S. Romer je bio čuveni američki paleontolog), obuhvata raspon koji počinje pre oko 360 miliona godina, na kraju devonskog perioda, a završava se pre približno 340 miliona godina (početak karbona). Posle Romerove praznine pojavljuju se - bez sumnje - vodozemci što gmižu po močvarama, bogat svet životinja nalik daždevnjacima, a neke od njih su bile velike kao krokodili na koje su i podsećale. Izgleda da je to bilo doba divova, jer tada su živeli najveći insekti u istoriji, vilinski konjici s rasponom krila ravnim dužini moje ruke.[34] Gotovo da bismo mogli reći kako je, počev od pre otprilike 340 miliona godina, karbon bio vodozemački ekvivalent doba dinosaurusa. Međutim, tome je prethodila Romerova praznina. A pre nje, jedino za što je Romer utvrdio da je živelo pre praznine bile su ribe, sarkopterigije, u vodenoj sredini. Gde su bili prelazni oblici i šta ih je navelo da se usude da kroče na kopno?

Moju maštu na osnovnim studijama na Oksfordu raspaljivala su prodavanja čudesno sveznajućeg Harolda Pjuzija koji je, uprkos suvoparnom i razvučenom izlaganju, umeo da gleda dalje od kostiju i da vidi životinje od krvi i mesa koje su se borile za opstanak u iščezlom svetu.[35] To kako je on razborito iznosio zašto su neke sarkopterigije razvile pluća i noge, objašnjenja potekla od Romera lično, urezala su se u moje studentsko pamćenje, a i danas mi deluju logično iako za moderne paleontologe nisu toliko aktuelna kao u Romerovo vreme. Romer i Pjuzi pretpostavili su da su jezera, bare i vodeni tokovi usled sušnih perioda ostajali bez vode, ali su se se njome ponovo snabdevali u poplavama naredne godine. Ribe stanari voda imale bi koristi od privremene sposobnosti preživljavanja na kopnu, dok su se vukle iz plitkog jezera ili bare koja je svakog trena mogla da ostane bez vode u dublje vodeno stanište u kome su mogle opstati do naredne kišne sezone. Po takvom tumačenju situacije, naši preci nisu nepovratno prešli na kopno, već im je ono bilo privremeni most ka drugom, spasonosnom vodenom okruženju. To čine i mnoge današnje životinje.

Nažalost, Romer je teoriju izneo sa uvodom čija je svrha bila da se devon

predstavi kao razdoblje suše. Kada je ta pretpostavka osporena zbog potonjih dokaza, izgleda da je potkopana čitava Romerova teorija. Bolje bi bilo da je izostavio uvod koji je inače bio izlišan. I u *Pričama predaka* potvrdio sam da je teorija još uvek funkcionalna, iako je period devona bila manje sušan nego što je Romer smatrao.

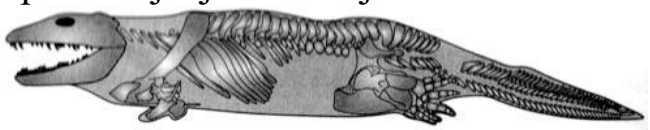
Bilo kako bilo, vratimo se fosilima. Jedva da se mogu naći u poznom devonu, periodu neposredno pre karbona: to su frustrirajući tragovi karika koje nedostaju, životinje koje su delom premošćavale prazninu između sarkopterigija toliko rasprostranjenih u devonskim morima i vodozemaca koji su kasnije gmizali po karbonskim močvarama. Na ribljoj strani praznine, *Eusthenopteron* je otkriven u zbirci fosila iz Kanade 1881. godine. Izgleda da je ta riba lovila na površini, i verovatno nije čak ni izašla na kopno, uprkos ranim, maštovitim rekonstrukcijama. Ipak, imala je izvesne anatomske sličnosti s vodozemcima koji su živeli 50 miliona godina kasnije - između ostalog, kosti lobanje, zube i, pre svega, peraja. Iako su kosti verovatno korišćene za plivanje, a ne za hodanje, bile su uređene po tipičnoj shemi za četvoronošce (kopnene kičmenjake). U prednjim ekstremitetima, ramena kost je bila spojena sa žbicom i lakatnom kosti a ona je bila spojena s velikim brojem koščica koje bi se u nas, kopnenih kičmenjaka, zvale karpalne i metakarpalne kosti i prsti. A i sklop kostiju zadnjih ekstremiteta nalikuje tom delu skeleta četvoronošca.



Eusthenopteron

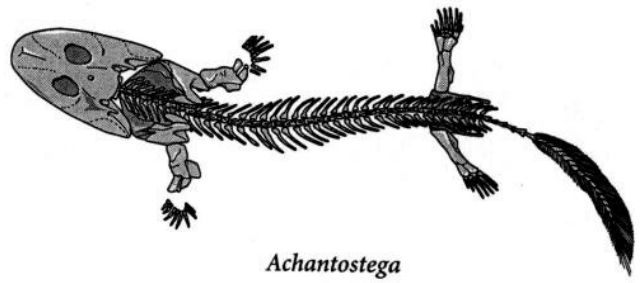
A onda su se duhovi uzburkali kad je na Grenlandu, 1932. godine, otkriven fosil na vodozemskoj strani praznine, *Ichthyostega:* bio je to fosil iz prelaza između devona i karbona (dvadeset miliona godina posle *Eusthenopterona).* Ne dajte da vas zavedu zamisli o hladnoći i ledu. Grenland je u vreme *Ichthyostega* bio na ekvatoru. Švedski paleontolog Erik Jarvik prvi je rekonstruisao *Ichthyostegu* 1955. godine; predstavio ju je više nalik suvozemnoj životinji nego što je zamišljaju današnji stručnjaci. U najnovijoj rekonstrukciji autora Pera Alberga iz Jarvikove nekadašnje škole, Univerziteta u Upsali, *Ichthyostega* je pretežno vodena životinja, premda je verovatno povremeno pohodila kopno. Ipak, više je nalikovala ogromnom daždevnjaku nego ribi, i imala je pljosnatu glavu karakterističnu za

vodozemce. Za razliku od svih današnjih četvoronožaca koji imaju po pet ručnih i nožnih prstiju (barem u stadijumu embriona, iako taj broj može biti manji kod odraslih jedinki), *Ichthyostega* je imala sedam nožnih prstiju. Izgleda da su rani četvoronošci imali veću slobodu da „eksperimentišu" s različitim brojem prstiju nego mi danas. Pretpostavljam da su se embriološki procesi u nekom trenutku zadržali na pet prstiju, i načinjen je korak posle kog se teško moglo vratiti unatrag. Istina, ne toliko teško. Desi se da poneka mačka, pa i čovek, ima po šest nožnih prstiju. Ti dodatni prsti verovatno su nastali usled greške pri udvajanju u razvoju embriona.



Ichthyostega

Još jedno uzbudljivo otkriće, takođe s tropskog Grenlanda i iz prelaza između devona i karbona, bio je fosil *Acanthostega.* I *Acanthostega* je imala pljosnatu, vodozemsku lobanju i ekstremitete slično četvoronošcima; ali i ona se udaljila, čak i više nego *Ichthyostega,* od onog što sada smatramo petoprsnim standardom. Imala je osam prstiju. Naučnici najzaslužniji za naša saznanja o ovoj životinji, Dženi Klak i Majki Kouts sa Univerziteta Kembridž, smatraju da je *Acanthostega,* isto kao *Ichthyostega,* živela pretežno u vodi, ali imala je pluća, a njeni ekstremiteti snažno ukazuju na to da je po potrebi mogla da se snađe na kopnu kao u vodi. I ona je prilično nalikovala ogromnom daždevnjaku. Vratimo se ponovo ribljoj strani podele: *Panderichthys,* iz istog perioda (kraj devona), takođe je malo više nalik vodozemcima, a malo manje ribi od *Eusthenopterona.* Ali kada biste ga videli, zasigurno biste ga pre nazvali ribom nego daždevnjakom.



Achantostega

Panderichthys

Dakle, pred nama je jaz između *Panderichthysa,* ribe nalik vodozemcu, i *Acanthostege,* ribolikog vodozemca. Gde je „karika koja nedostaje" između njih? Tim naučnika sa Pensilvanijskog univerziteta, među njima Nil Šubin i Edvard Desler, odlučio je da pronađe tu kariku. Njihova potraga poslužila je Šubinu kao osnova za izvrsna razmišljanja o ljudskoj evoluciji u knjizi *Vaša unutarnja riba (Your Inner Fish*). Pažljivo su odabrali najbolje mesto za potragu - stenovitu oblast iz željenog, poznog devona u Kanadskom arktičkom arhipelagu. Otišli su tamo i pronašli zoološko zlato. *Tiktaalik*! To ime se nikada neće zaboraviti. Potiče od inuitske reči za veliku slatkovodnu ribu. O imenu vrste, *roseae,* ispričaću jednu poučnu priču, iako mi ne laska. Kad sam prvi put čuo to ime i video fotografije poput one iz dodatka u boji, odmah sam se setio Starog crvenog peščara eponimske oblasti u Devonu iz perioda devona, boje Petre („Grad crven kao ruža, upola mlađi od vremena"). Avaj, kako sam samo pogrešio! Na fotografiji je neumereno istaknut crveni sjaj. Ime je odabrano kao počast dobročinitelju finansijeru ekspedicije u devonske krajeve Arktika. Imao sam privilegiju da mi dr Dešler pokaže *Tiktaalik roseae* kad smo se sreli na ručku u Filadelfiji, neposredno po njegovom otkriću, a večiti zoolog u meni - ili, možda, moja unutarnja riba - bio je toliko dirnut da sam zanemeo. Zamišljao sam da kroz ružičaste naočare gledam u lice svog neposrednog pretka. Koliko god nerealno bilo to zamišljanje, taj ne tako crveni fosil verovatno je bio najpribližniji pravom mrtvom pretku upola mlađem od vremena od svega s čim ću se susresti u životu.

Kad biste se našli oči u oči s pravim, živim tiktalikom, možda biste krenuli da se povlačite kao pred krokodilom, jer tiktalik je licem podsećao na njega. Glava krokodila na trupu daždevnjaka i zadnji riblji deo koji se završava repom. Za razliku od riba, tiktalik je imao vrat. Mogao je da okreće glavu. Po bezmalo svim karakteristikama, tiktalik je savršena karika koja nedostaje - savršena, jer gotovo sasvim precizno oličava razliku između ribe i vodozemca, a i zato što ta karika više ne nedostaje. Imamo fosil. Možete ga videti, dodirnuti i pokušati - neuspešno - da procenite njegovu starost.

MORAM SE VRATITI U MORE

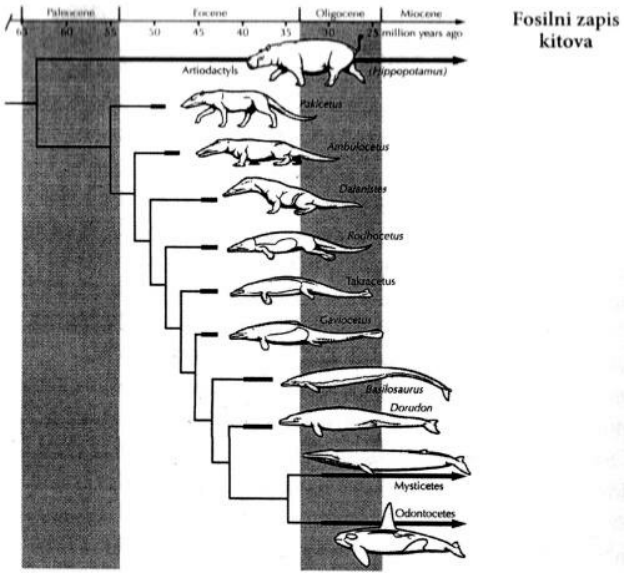
Prelaz iz vode na kopno pokrenuo je temeljnu reorganizaciju svakog aspekta života, od disanja do razmnožavanja: bila je to velika selidba kroz biološki prostor. Ipak, priličan broj potpuno kopnenih životinja kasnije se

okrenuo, odrekao se svog teško uspostavljenog suvozemnog ustrojstva i pohrlio natrag u vodu. Foke i morski lavovi samo su se donekle vratili. Oni pokazuju kakvi su možda bili prelazni oblici na pola puta do ekstremnih slučajeva kakvi su kitovi i dugonzi. Kitovi (i oni mali koje zovemo delfini) i dugonzi su, zajedno sa svojim bliskim rođacima morskim kravama, redom odustali od kopnenog staništa i potpuno se vratili morskom životu svojih dalekih predaka. Oni čak ne izlaze na obalu ni da se razmnožavaju. Ipak, i dalje udišu vazduh, pošto nikada nisu razvili disajni aparat poput škrga kakav su imali njihovi morski praoci. U ostale životinje koje su se vratile s kopna u vodu da tamo barem delimično žive spadaju barski puževi, vodeni pauci, vodene bube, krokodili, vidre, morske zmije, vodene rovke, galapagoski kormorani, galapagoske morske iguane, vodeni oposumi (južnoamerički vodeni torbari), kljunari, pingvini i kornjače.

Kitovi su dugo bili enigma, ali tu skoro smo stekli opsežna saznanja o njihovoj evoluciji. Genetički dokazi na molekularnom nivou (više o prirodi ovakvih dokaza u poglavlju 10) pokazuju da su najbliži živi rođaci kitova nilski konji, potom svinje, i, na kraju, preživari. Još više iznenađuje otkriče proisteklo iz molekularnih dokaza da su nilski konji u bližoj vezi s kitovima nego s papkarima (poput svinja i preživara) kojima mnogo više nalikuju po spoljašnosti. Ovo je još jedan primer neusklađenosti koja se povremeno javlja između stepena srodstva i fizičke sličnosti. To sam istakao kad sam govorio o ribama koje su bliži rođaci nama nego drugim ribama. U tom slučaju, neusklađenost nastaje usled toga što je naša loza, napustivši vodu i prešavši na kopno, krenula drugim evolucionim putem, a naši bliski riblji rođaci, plućašice i celakanti, postali su sličniji našim daljim ribljim rođacima jer su ostali u vodi. Opet se susrećemo sa istim fenomenom, samo u obrnutom smeru. Nilski konji su, barem delimično, ostali na kopnu, te i dalje podsećaju na svoje udaljenije suvozemne rođake, papkare, dok su njihovi bliži rođaci, kitovi, prešli u morsku sredinu i toliko se izmenili da su njihove sličnosti s nilskim konjima prevideli svi biolozi izuzev molekularnih genetičara. Kao kad su se njihovi daleki riblji preci prvobitno otisnuli u suprotnom smeru, ličilo je to pomalo na let u kosmos ili barem poletanje balona, jer preci kitova slobodno plutahu oslobođeni tereta gravitacije i odvezani od kotvišta na kopnu.

Istovremeno, nekad prilično skroman fosilni zapis evolucije kitova uverljivo je upotpunjen, pretežno iz riznica fosila u Pakistanu. Međutim, priča o fosilima kitova je odlično obrađena u drugim, nedavno objavljenim

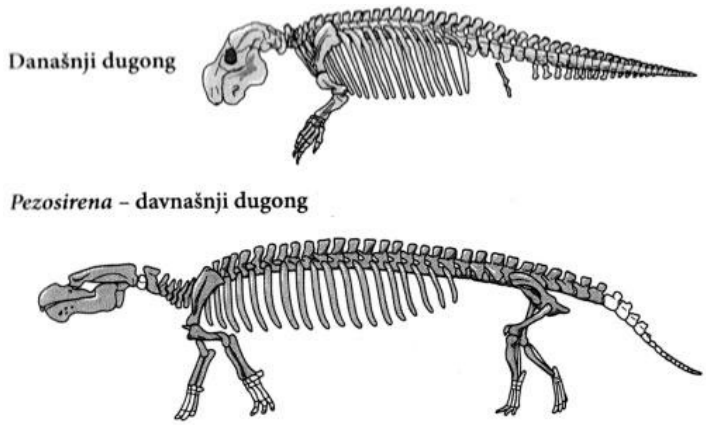
knjigama - na primer, u knjizi *Evolucija: šta govore fosili i zašto je to važno* (*Evolution: What the Fossils Say and Why it Matters)* Donalda Protera i, u novijoj knjizi, *Zašto je evolucija istinita (Why Evolution is Trne)* autora Džerija Kojna - tako da sam odlučio da na ovom mestu ne ponavljam iste detalje. Ograničio sam se na jedan dijagram (na sledećoj strani), preuzet iz Proterove knjige, koji prikazuje hronološki niz fosila. Pogledajte kako je pažljivo iscrtana ova slika. Lako je podleći iskušenju - što je bilo uobičajeno u starijim knjigama - pa nacrtati nizove fosila sa strelicama usmerenim od starijih ka mlađim. Ali niko ne može reći da je - na primer - *Ambulocetus* bio potomak *Pakicetusa.* Ili da je *Basilosaurus* nastao od *Rodhocetusa.* Shema je mnogo obazrivije izrađena pa se sugeriše da, na primer, kitovi vode poreklo od rođaka *Ambulocetusa* koji je živeo kad i on i verovatno je prilično nalikovao *Ambulocetusu* (a možda je čak i bio taj *Ambulocetus).* Prikazani fosili su predstavnici različitih faza evolucije kitova. Postepen nestanak zadnjih ekstremiteta, preobražaj prednjih ekstremiteta od aparata za hodanje, nogu, u peraja za plivanje, i spljoštavanje repa, neke su promene u elegantnom nizu.



Slika 14.16. Evolucija kitova od kopnenih životinja potkrepljena je velikim brojem dokumentovanih prelaznih fosila iz naslaga iz eocena u Africi i Pakistanu. (Crtež Karla Buela)

To je sve što ću reći o fosilnoj istoriji kitova, jer je veoma dobro izložena u pomenutim knjigama. Malobrojnija i manje raznovrsna grupa morskih sisara, ali takođe po svemu vodena, a to su sirene - dugonzi i lamantini - nije tako dobro dokumentovana u fosilnom zapisu, ali nedavno je otkrivena jedna izuzetno lepa karika koja nedostaje. Na Jamajci je nađen fosil *Pezosirene,*

„hodajuće morske krave", približno iz istog doba kao *Ambulocetus,* „hodajući kit", iz eocena. Prilično podseća na morsku kravu ili na dugonga, s tom razlikom što je imala prave prednje i zadnje noge prilagođene za hodanje, dok morska krava i dugong spreda imaju peraja, a pozadi nemaju ekstremitete. Na narednoj slici prikazan je skelet današnjeg dugonga, a ispod njega je skelet *Pezosirene.*



Kao što su kitovi srodni nilskim konjima, sirene su rođaci slonova: to potvrđuju brojni dokazi, među njima i presudni molekularni dokazi. Međutim, *Pezosirena* je verovatno živela poput nilskog konja, provodeći veliki deo vremena u vodi i koristeći svoje noge i za hodanje po dnu i za plivanje. Lobanja je nesumnjivo kao kod sirena. *Pezosirena* možda i nije pravi predak današnjih lamantina i dugonga, ali je izvesno izvrstan kandidat za tu ulogu.

Neposredno pred predaju ove knjige u štampu, časopis *Nature* objavio je uzbudljivu vest o novom fosilu s Kanadskog Arktika koji popunjava prazninu u poreklu modernih foka, morskih lavova i morževa (pod zajedničkim imenom pinipedi). Reč je o jednom skeletu od koga je očuvano oko 65 posto - ovaj fosil, *Puijila darwini,* datira iz razdoblja ranog miocena (pre oko 20 miliona godina). To je dovoljno bliska prošlost da bi tadašnja mapa sveta bila gotovo ista kao danas. Ta rana foka ili morski lav (još uvek se nisu razvili u zasebne vrste) bila je arktička životinja, stanovnik hladnih voda. Postojeći dokazi ukazuju na to da je živela i lovila ribe u slatkim vodama (poput većine vidri izuzev čuvenih kalifornijskih morskih vidri), a ne u moru (kako pretežno rade današnje foke, uz izuzetak čuvene foke s Bajkalskog jezera). *Puijila* nije imao peraja, već stopala s kožnom mrežicom. Verovatno je trčao poput psa na kopnu (nimalo nalik današnjim pinipedima), ali je većinu vremena provodio u vodi u kojoj je plivao kao pas, a ne stilom današnjih foka ili drugom tehnikom koju primenjuju morski lavovi. *Puijila* lepo popunjava

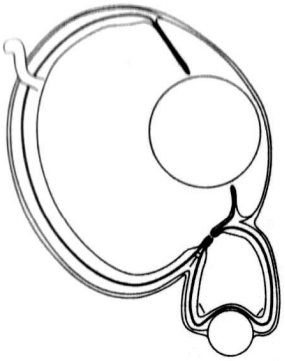
prazninu između kopna i vode u poreklu pinipeda. Predstavlja još jedan divan dodatak našoj sve bogatijoj listi „karika" koje više ne nedostaju.

Sada bih da poklonim pažnju drugoj grupi životinja koje su se vratile s kopna u vodu - ova grupa pobuđuje posebno zanimanje jer su se neki njeni pripadnici kasnije, u obrnutom procesu, vratili na kopno po drugi put! Po jednom bitnom aspektu života, morske kornjače nisu definitivni povratnici u vodu kao kitovi i dugonzi: još uvek polažu jaja na plaži. Poput svih kičmenjaka koji su se vratili u vodu, ni kornjače se nisu odrekle udisanja vazduha, ali neke su po tome bolje prošle od kitova. Takve kornjače izdvajaju dodatni kiseonik iz vode kroz par komora u zadnjem delu tela bogato snabdevenih krvnim sudovima. Australijska rečna kornjača kiseonikom se pretežno snabdeva disanjem kroz zadnjicu.

Kod kornjača prvo upada u oči njihov oklop. Kako se formirao tokom evolucije i kako je izgledao kod prelaznih oblika? Gde su karike koje nedostaju? Čemu (mogao bi zapitati kreacionistički fanatik) samo polovina sferičnog oklopa? Oduševićete se kada kažem da je nedavno dokumentovan novi fosil na osnovu koga se iscrpno odgovara na ta pitanja. Premijerno je predstavljen u časopisu *Nature* baš pre nego što sam ovu knjigu predao izdavačima. To je fosil vodene kornjače, otkriven u sedimentnim stenama iz poznog trijasa u Kini; starost mu se procenjuje na 220 miliona godina. Ime mu je *Odontochelys semitestacea*, a na osnovu njega možete zaključiti da je, za razliku od današnjih kornjača, imao zube i pola sferičnog oklopa. Pored toga, rep mu je bio mnogo duži nego kod današnjih kornjača. Te tri karakteristike čine ga prvoklasnim materijalom za „kariku koja nedostaje" Stomak je bio prekriven oklopom, takozvanim plastronom, na sličan način kao kod današnjih morskih kornjača. Ali gotovo da uopšte nije imao karapaks, leđni deo oklopa. Leđa su mu, po svoj prilici, bila meka kao gušterova, premda je bilo nekih čvrstih, koštanih delova po sredini iznad kičme kao kod krokodila, a rebra su bila spljoštena kao da su bila naznake evolucionih začetaka karapaksa.

Pred nama je zanimljiva kontroverza. Autori rada kojim je *Odontochelys* predstavljen svetu - Li, Vu, Ripel, Vang i Zao (sažetosti radi, zvaću ih kineskim autorima, iako Ripel nije Kinez), smatraju da je njihova životinja zaista bila na pola puta od formiranja oklopa. Drugi osporavaju tvrdnju iz teksta po kojoj je *Odontochelys* potvrda da se oklop razvio u vodi. Časopis *Nature* ima hvale vredan običaj: komentare najzanimljivijih tekstova iz protekle nedelje pišu stručnjaci koji nisu autori tih članaka, a ti komentari se

objavljuju u odeljku „News and Views“. Komentar iz odeljka „News and Views“ na rad o *Odontochelysu* sročila su dva kanadska biologa, Robert Rajs i Džejson Hed, i postavili su drugačije tumačenje. Možda se čitav oklop već bio formirao na kopnu pre nego što su preci *Odontochelysa* vratili u vodu. Moguće je i da je *Odontochelys* izgubio karapaks po povratku u vodu. Rajs i Hed ističu da su neke od današnjih morskih kornjača - na primer, sedmopruga usminjača *(Dermochelys coriacea)* - sasvim ili u velikoj meri izgubile karapaks, pa je prilično izvesno da je njihova teorija tačna.



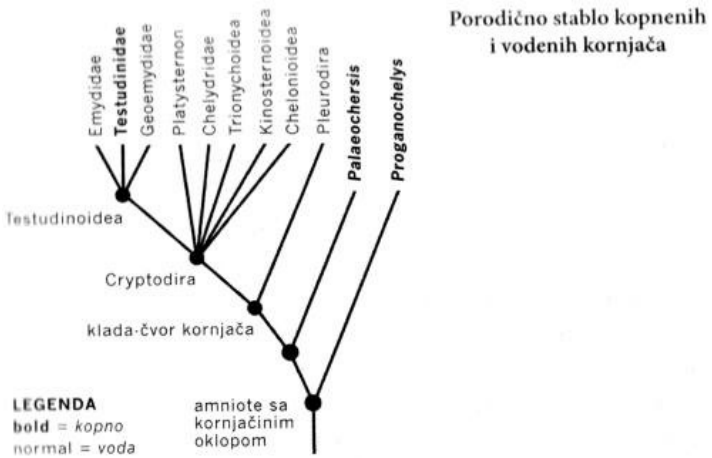
Dodatno oko
Bathylychnopsa

Napraviću kratku digresiju i razmotriti pitanje: „Čemu samo polovina sferičnog oklopa?” Konkretno - zašto je *Odontochelys* imao samo trbušni oklop, a ne i leđni? Možda zato što je opasnost pretila odozdo, a to bi moglo navesti na zaključak da je to stvorenje prilično vremena provodilo plivajući pri površini vode - naravno, u svakom slučaju je moralo da izlazi na površinu kako bi disalo. Ajkule, koje danas često napadaju odozdo, bile su zloćudno važan deo sveta *Odontochelysa,* i nema razloga da pretpostavimo kako su njihove navike u lovu tada bile drugačije. Evo uporednog primera: među dostignućima evolucije koja pobuđuju najveće čuđenje jeste dodatni par očiju ribe *Bathylychnops* - verovatno je služio za uočavanje napada predatora odozdo. Glavni par očiju uperen je spolja kao kod drugih riba. Ali u donjem delu svakog glavnog oka postoji dodatno okce opremljeno sočivima i mrežnjačom. Ako je *Bathylychnops* mogla da se pomuči i razvije dodatni par očiju, verovatno radi opažanja napada odozdo, sasvim je moguće da je *Odontochelys* formirao oklop da bi se zaštitio od napadača iz istog smera. Za plastron postoji logično objašnjenje. A ako upitate zašto na leđima nije bilo karapaksa radi dodatne bezbednosti, odgovor je jednostavan. Oklopi su teški i nezgrapni, a njihovo formiranje i nošenje iziskuje veliki trošak. U evoluciji uvek postoje kompromisi. Za kopnene kornjače, rezultat kompromisa je jak,

težak oklop koji štiti odozdo i odozgo, dok je za mnoge morske kornjače to čvrst trbušni plastron i lakša leđna zaštita. A sasvim je prihvatljiva mogućnost da je *Odontochelys* još malo prilagodio takav kompromis.

Ukoliko je tačno ono što tvrde kineski autori - da je *Odontochelys* bio na putu da razvije ceo oklop i da je oklop evoluirao u vodi - izgleda da sledi kako su moderne kopnene kornjače koje imaju temeljno razvijene oklope, potekle od vodenih kornjača. To je verovatno tačno, kao što ćemo uskoro videti. Ali to je zadivljujući zaključak, jer iz njega proističe da su današnje kopnene kornjače nastale u *drugom* talasu migracije iz vode na kopno. Niko do sada nije tvrdio da su se neki kitovi ili dugonzi *vratili* na kopno posle invazije u vodeno okruženje. Alternativna istorija kopnenih kornjača bila bi da su sve vreme živele na kopnu i da su nezavisno razvile oklop, uporedo sa svojim vodenim rođakama. To nikako nije nemoguće; ali, imamo jake razloge da verujemo kako su se morske kornjače zaista vratile na kopno i u tom drugom pokušaju postale suvozemne životinje.

Nacrtamo li porodično stablo svih današnjih kopnenih i vodenih kornjača na osnovu molekularnih i drugih poređenja, gotovo sve grane su vodene (obično ispisana slova). Imena kopnenih kornjače su ispisana polucrnim slovima, i jasno je da današnje kopnene kornjače čine jednu granu, *Testudinidae,* duboko ugneždenu među razgranatim delovima stabla koji predstavljaju vodene kornjače. Sve njihove bliske rođake su vodene. Današnje kopnene kornjače su tek jedna grančica u žbunju vodenih kornjača. Njihovi vodeni preci pretvorili su se u kopnene kornjače pošto su se vratili na kopno. To se slaže s hipotezom da se oklop razvio u vodi, evolucijom stvorenja kao što je *Odontochelys.* Ali to stvara novu poteškoću. Na porodičnom stablu, pored današnjih kopnenih kornjača *(Testudinidae),*postoje dva fosilna roda sasvim oklopljenih životinja zvanih *Proganochelys*[36] i *Palaeochersis.* Označeni su kao kopneni rodovi a obrazloženje ćemo izvesti u sledećem pasusu. Leže izvan grana koje predstavljaju vodene kornjače. Reklo bi se da su ova dva roda od davnina kopnena.



Pre nego što je *Odontochelys* otkriven, ova dva fosila su bila najstarije znane kornjače. Živele su u istom razdoblju kao *Odontochelys*, u kasnom trijasu, ali oko 15 miliona godina kasnije. Pojedini autoriteti na tom polju smatraju da su živele u slatkoj vodi, ali nedavni dokazi ih svrstavaju u kopnene životinje, kao što je označeno podebljanim slovima u shemi. Možda se pitate kako možemo na osnovu fosila odrediti je li životinja živela na kopnu ili u vodi, posebno ako su pronađeni samo delovi fosila. Ponekad je to očigledno. Ihtiosauri su bili gmizavci koji su živeli kad i dinosaurusi i imao je peraja i hidrodinamično telo. Njegovi fosili podsećaju na delfine, i zasigurno su živeli kao oni - u vodi. U slučaju kopnenih i vodenih kornjača, stvari nisu tako očigledne. Kao što biste mogli pretpostaviti, najviše se da zaključiti na osnovu ekstremiteta. Peraja se prilično razlikuju od nogu čija svrha je hodanje. Volter Džojs i Žak Gotje sa Univerziteta Jejl, poveli su se za ovom zdravorazumskom intuicijom i potkrepili je brojkama. Uzeli su tri ključne mere kostiju ruku i šake sedamdeset jedne vrste kornjača koje danas žive. Odupreću se iskušenju da objasnim njihove elegantne proračune, ali zaključak je jasan. Ove životinje su imale noge za hodanje, a ne peraja. Živele su na kopnu. Ipak, bile su samo daleke rođake današnjih kopnenih kornjača.

Izgleda da imamo problem. Ako fosil *Odontochelysa* s polovičnim oklopom ukazuje na to da se oklop formirao tokom evolucije u vodi, kao što smatraju autori teksta u kome je predstavljen, kako da objasnimo dva roda potpuno oklopljenih kopnenih „kornjača" 15 miliona godina kasnije? Pre otkrića *Odontochelysa,* bez oklevanja bih rekao da su *Proganochelys* i *Palaeochersis* bili predstavnici predačkog, kopnenog tipa *pre* povratka u vodu. Oklop se razvio tokom evolucije na kopnu. Pojedine oklopljene kornjače vratile su se u more kao što će to kasnije učiniti foke, kitovi i

dugonzi. Druge su ostale na kopnu, ali su izumrle. A onda su se neke od morskih kornjača vratile na kopno i od njih su potekle sve današnje kopnene kornjače. To bih rekao - tako sam odista i pripovedao u ranijim verzijama ovog poglavlja napisanim pre predstavljanja *Odontochelysa* svetu. Ali *Odontochelys* je zakomplikovao situaciju. Pred nama su tri mogućnosti, jednako zanimljive.

1 *Proganochelys* i *Palaeochersis* bi mogli biti preživeli pripadnici grupe kopnenih životinja od kojih su neke ranije otišle u vodu - među njima i preci *Odontochelysa.* Po ovoj hipotezi, oklop se prvo formirao na kopnu, a *Odontochelys* je karapaks izgubio u vodi, zadržavši trbušni plastron.

2 Moguće je da se oklop razvio u vodi, kako ističu kineski autori, pri čemu se prvo formirao plastron na stomaku, a potom leđni deo oklopa, karapaks. U tom slučaju, šta ćemo s *Proganochelysom* i *Palaeochersisom,* koji su živeli *pošto* je *Odontochelys* bivstvovao u vodi s polovičnim oklopom? Moguće je da su *Proganochelys* i *Palaeochersis* nezavisno razvili oklop tokom evolucije. Ali, postoji još jedna mogućnost:

3 *Proganochelys* i *Palaeochersis* bi mogli biti predstavnici životinja koje su se ranije vratile na kopno. Nije li to zadivljujuće uzbudljiva pomisao?

Već smo prilično sigurni da su kornjače dvaput tokom evolucije izlazile na kopno: rani tip kopnenih kornjača se vratio u vodeno okruženje svojih još drevnijih ribljih predaka, preobratio se u morske kornjače, a potom ponovo izašao na kopno i postao nova familija kopnenih kornjača, *Testudinidae.* To izvesno znamo, ili smo gotovo sigurni u to. Ali sada se suočavamo s mogućnošću da se dupli povratak desio *dvaput* - ne samo kao odskočna daska za evoluciju današnjih kopnenih kornjača, nego mnogo ranije, kao začetak *Proganochelysa* i *Palacochersisa* u trijasu.

U jednoj knjizi, DNK sam opisao kao „genetsku knjigu mrtvih". Zbog toga kako funkcioniše prirodna selekcija, DNK životinje bi se mogla smatrati tekstualnim opisom svetova u kojima je prirodna selekcija odabrala njene pretke. Za ribe, genetska knjiga mrtvih opisuje mora predaka. Za nas i za većinu sisara, početna poglavlja knjige redom se dešavaju u moru, a ostatak knjige na kopnu. Genetska knjiga kitova, dugonga, galapagoskih iguana, pingvina, foka, morskih lavova i vodenih kornjača, ima i treći deo o epskom povratku u more, na ispitni poligon njihove davne prošlosti. Ali knjizi

kopnenih kornjača, možda u dve, nezavisne i vremenski prilično udaljene prilike, dopisan je i četvrti deo o konačnoj - da li? - ponovnoj selidbi na kopno. Je li moguće da postoji još neka životinja čija je genetska knjiga mrtvih takav palimpsest višestrukih evolucionih zaokreta za 180 stepeni? Na kraju, moram se zapitati o kornjačama koje žive u slatkim i brakičnim vodama (barske kornjače), bliskim rođakama kopnenih kornjača. Da li su se njihovi preci direktno preselili iz mora u brakičnu vodu, a onda u svežu vodu? Predstavljaju li prelaznu fazu na povratku iz mora na kopno? Ili je moguće da su potomci onih jedinki među kopnenim kornjačama kakve žive danas koje su posle druge seobe na kopno ponovo krenule u vodu? Jesu li se kornjače tokom evolucionog vremena šetale od vode do kopna i natrag? Da li bi palimpsest mogao biti višeslojniji nego što sam do sada nagovestio?

POSTSKRIPTUM

Devetnaestog maja 2009, dok sam radio na korekcijama ovog teksta, u naučnom časopisu na Webu, *PLOS One,* objavljeno je da je pronađena „karika koja nedostaje“ između lemurolikih i majmunolikih primata. Ovaj prelazni oblik, nazvan *Darwinius masillae,* živeo je pre 47 miliona godina u prašumi na području današnje Nemačke. Autori članka tvrde da je to najpotpuniji do sada pronađeni fosil primata: očuvani su ne samo kosti, već i koža, kosa, pojedini unutrašnji organi i ostaci poslednjeg obroka. *Darwiniusa masillaea,* takvog kakav je - predivnog - prati fama koja pomućuje jasno rasuđivanje. *Sky News* je objavio kako je reč o „osmom svetskom čudu” koje „napokon potvrđuje Darvinovu teoriju evolucije”. Šta reći? Izgleda da besmislena mističnost „karika koje nedostaju” nije izgubila moć.

POGLAVLJE 7

NESTALE OSOBE? NAĐENE!

U svom najčuvenijem delu, *Postanak vrsta*, Darvin je opisao svoj pristup evoluciji čoveka u samo sedam čudesnih reči: „Postanak čoveka i njegova istorija biće rasvetljeni". Tako je rečeno u prvom izdanju koje podrazumevano citiram, sem ako ne navedem drugačije. Do šestog (i poslednjeg) izdanja, Darvin je dopustio sebi da se malo razmaše, te se prethodna rečenica preobrazila u sledeću: „Postanak čoveka i njegova istorija prikazaće se u novoj svetlosti". Volim da razmišljam o velikanu, dok drži pero iznad petog izdanja i premišlja da li da dozvoli sebi luksuz atributa „novo". Čak i s tom rečju, rečenica je sračunato štura.

Darvin je namerno rešio da piše o čovekovoj evoluciji u drugoj knjizi, *Čovekovo poreklo.* Možda ne iznenađuje to što je u dva toma tog dela više prostora dato temi iz podnaslova (*Polno odabiranje,* engl. *Selection in Relation to Sex)* - seksualnoj selekciji istraženoj pretežno među pticama - nego ljudskoj evoluciji: u vreme kad je Darvin pisao tu knjigu, nije bilo nijednog fosila koji je ljude dovodio u vezu s najbližim rođacima među čovekolikim majmunima. Darvin je mogao da proučava samo žive majmune, ali tu priliku je dobro iskoristio, ispravno zaključujući (gotovo usamljen) kako su naši najbliži živi rođaci redom Afrikanci (gorile i šimpanze - patuljaste šimpanze, takozvani bonoboi, nisu se tada smatrale posebnom vrstom među šimpanzama, ali i oni žive u Africi), i pretpostavljajući na osnovu toga da je Afrika pravo mesto za traženje fosila čovekovih predaka, ukoliko se igde mogu naći. Darvin je žalio zbog oskudnosti fosila, ali je izrazito optimistično verovao da će se pronaći. Ponavljajući reči Lajela, svog mentora i velikog geologa tog doba, istakao je da je „otkriće fosila svih klasa

kičmenjaka i dalje izuzetno spor i nepredvidljiv proces", dodavši kako „ne bi trebalo smetnuti s uma da geolozi još uvek nisu pretražili one oblasti u kojima bi se najverovatnije mogli naći ostaci što povezuju čoveka s kakvim izumrlim stvorenjem koje nalikuje čovekolikom majmunu". Mislio je na Afriku, a potrazi nije doprinela činjenica da su neposredni nastavljači njegovog dela zanemarili njegov savet i umesto Afrike tragali po Aziji.

Ali, upravo u Aziji su pronađene prve od tih „karika koje nedostaju" Prvi pronađeni fosili bili su relativno skorašnji, mlađi od milion godina, i poticali su iz vremena kada su hominidi bili prilično slični modernom čoveku, a u migraciji iz Afrike stigli su do Dalekog istoka. Nazvani su Javanski čovek i Pekinški čovek, po mestima otkrića. Javanskog čoveka otkrio je holandski antropolog Ežen Diboa 1891. godine. Nazvao ga je *Pithecanthropus erectus,* uveren da je ostvario životnu ambiciju i pronašao „kariku koja nedostaje". Usledila su osporavanja iz dva suprotstavljena izvora, što je prilično potkrepilo njegovo tvrđenje: neki su govorili da je to fosil pravog čoveka, a drugi da se radi o ogromnom gibonu. Diboa je kasnije, u životu prilično ispunjenom gorčinom i svađama, odbacio tvrdnju da su pekinški fosili slični njegovom, ranije otkrivenom Javanskom čoveku. Zauzevši žestoko posesivan, da ne kažem zaštitnički stav prema svom fosilu, Diboa je verovao da je samo Javanski čovek prava karika koja nedostaje. Da bi istakao tu razliku u odnosu na razne fosile Pekinškog čoveka, rekao je da su mnogo bliži današnjem čoveku, a za svog Javanskog čoveka iz Trinila govorio je da je prelazni oblik između čoveka i čovekolikog majmuna.

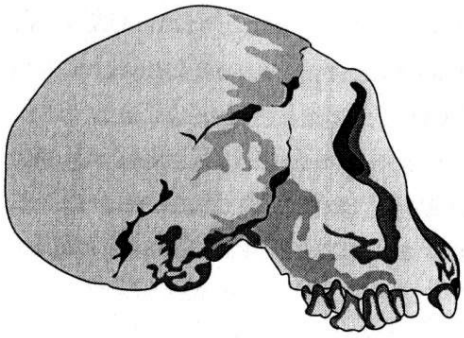
> *Pithecanthropus* [Javanski Čovek] nije bio čovek, već je pripadao rodu ogromnih bića srodnih gibonima, ali naprednijih od njih zahvaljujući vanredno velikom mozgu, različitih i po sposobnosti da se usprave i hodaju. Odnos veličine mozga i tela bio mu je dvaput veći nego u antropoidnih majmuna i upola manji od ljudskog...
>
> Upravo je iznenađujuća veličina mozga - previše velikog za čovekolikog majmuna, a manjeg od prosečnog ljudskog mozga, iako ne manjeg od najmanjeg mozga čoveka - navela na sada gotovo opšti stav da je „čovek majmun" iz javanskog sela Trinil odista primitivni čovek. Međutim, morfološki posmatrano, krov lobanje veoma je sličan krovu lobanje čovekolikih majmuna, posebno u gibona...

To što su mu pripisivali tvrdnju kako je *Pithecanthropus* bio samo ogroman gibon, a ne prelazni oblik između gibona i ljudi, svakako je moglo jedino da izazove njegovu preku narav. Diboa se pomučio da druge ponovo

uveri kako stoji pri svojoj ranijoj izjavi: „I dalje verujem, čvršće nego ikad, da je *Pithecanthropus* iz Trinila prava karika koja nedostaje"

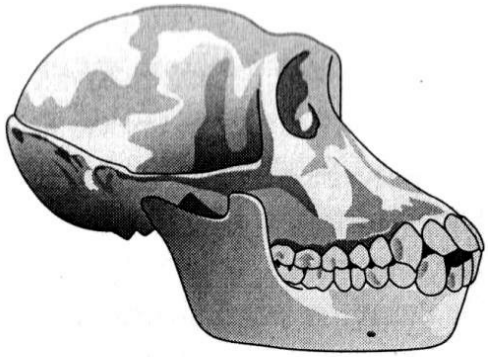
Kreacionisti su povremeno kao političko oružje potezali optužbu da se Diboa odrekao svojih reči o *Pithecanthropusu* kao čovekolikom majmunu koji je prelazni oblik između čoveka i majmuna. Međutim, kreacionistička organizacija „Odgovori u postanju" (Answers in Genesis) dodala je to svom spisku obezvređenih argumenata za koje sada kaže da ih ne bi trebalo koristiti. To što imaju takvu listu služi im na čast. Kao što rekoh, sada je pokazano da su i javanski i pekinški primerci *Pithecanthropusa* prilično mladi, mlađi od milion godina. Danas se svrstavaju zajedno s nama u rod *Homo,* a zadržano je ime vrste kojim ih je krstio Diboa: *Homo erectus.*

Diboa je u pogrešnom delu sveta odlučno tragao za „karikom koja nedostaje" Budući da je Holanđanin, bilo je sasvim prirodno da počne od Istočnih Indija, ali kao toliko posvećen čovek, trebalo je da posluša Darvinov savet i ode u Afriku, jer su na tom kontinentu evoluirali naši preci, kao što ćemo videti. Šta su, onda, ti primerci *Homo erectusa* radili izvan Afrike? Izraz „izvan Afrike" pozajmio sam od Karen Bliksen, i njime označavam veliku seobu naših predaka iz Afrike.[37] Ali bile su dve seobe i važno je praviti razliku između njih. Relativno skoro, pre možda manje od 100.000 godina, lutajuće skupine *Homo sapiensa* veoma nalik nama, napustile su Afriku i razgranale se u današnje razne rase: limite, američke starosedeoce, australijske starosedeoce, Kineze itd. Fraza „izvan Afrike" obično se odnosi na ovu, relativno skorašnju seobu. Ali, pre nje bila je još jedna seoba iz Afrike, i za tim pionirima vrste *erectus* ostali su fosili u Aziji i u Evropi; među njima su bili i fosili s Jave i iz okoline Pekinga. Najstariji fosil pronađen van Afrike otkriven je u Gruziji, i nazvan je Gruzijski čovek: bilo je to sićušno stvorenje čija (prilično dobro očuvana) lobanja datira, izmereno modernim metodama, od pre oko 1,8 miliona godina. Prozvan je *Homo georgicus* (pojedini taksonomi se drže toga, dok ga drugi ne smatraju zasebnom vrstom) što upućuje na to da izgleda prilično primitivniji od preostalih ranih doseljenika iz Afrike koji se svi podvode pod vrstu *Homo erectus.* U Maleziji su nedavno otkrivene izvesne kamene alatke unekoliko starije od Gruzijskog čoveka, što je podstaklo na novu potragu za fosilnim kostima na tom poluostrvu. U svakom slučaju, svi ti rani azijski fosili prilično su bliski današnjem čoveku i svrstavaju se u rod *Homo*; da bismo našli naše starije pretke, moramo otići u Afriku. Ipak, zastanimo na trenutak i razmotrimo šta bi trebalo da očekujemo od „karike koja nedostaje".



Homo georgicus

Pretpostavimo, izlaganja radi, da smo uzeli za ozbiljno prvobitno pogrešno značenje izraza „karika koja nedostaje" pa tražimo posrednika između šimpanze (desno) i nas. Nismo potomci šimpanza, ali pravo bi bilo reći da je naš zajednički predak više bio nalik njima nego nama. Konkretnije, nije imao veliki mozak poput našeg, verovatno je bio dlakaviji od nas i nije hodao uspravno kao mi, a izvesno nije imao tako napredne ljudske odlike kao što je jezik. Dakle, iako ne smemo popuštati pred uvreženim pogrešnim stavom da smo potekli od šimpanzi, neće škoditi da se zapitamo kako bi izgledao posrednik između šimpanze i nas.



Šimpanza

Kosa i jezik nisu dobar materijal za fosilizaciju, ali možemo izvesti prilično valjane zaključke o veličini mozga ako posmatramo lobanju, a o načinu hoda zaključujemo na osnovu skeleta u celini (uključujući lobanju, jer je *foramen magnum,* rupa za kičmenu moždinu, usmerena više nadole kod dvonožaca, odnosno više nagore kod četvoronožaca). Mogući kandidati za veze koje nedostaju mogli bi imati bilo koji od narednih atributa:

1 Prelaznu veličinu mozga i prelazan način hodanja: možda pre neka vrsta geganja u pognutom stavu a ne ponosno uspravno hodanje kakvo neguju potporučnici i učiteljice u školama za dame.

2 Mozak veliki kao kod šimpanze i uspravno držanje kao kod ljudi.

3 Veliki mozak više nalik ljudskom i hod na sve četiri noge poput šimpanze.

Dakle, imajući u vidu ove mogućnosti, pregledajmo neke od mnogobrojnih afričkih fosila koji su nam danas na raspolaganju, ali Darvinu, nažalost, nisu bili dostupni.

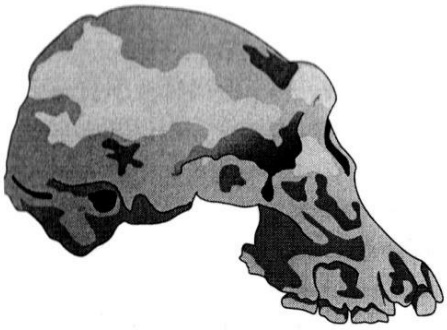
JOŠ GAJIM NEPRIMERENU NAĐU...

Molekularni dokazi (na koje ću se osvrnuti u poglavlju 10) pokazuju da je zajednički predak ljudi i šimpanza živeo pre oko šest miliona godina ili nešto ranije: hajde da prepolovimo period tokom kog smo se razvili u različite vrste i da razmotrimo nekoliko fosila starih tri miliona godina. Najčuveniji fosil iz tog doba je Lusi: otkrio ju je Donald Džonson u Etiopiji i klasifikovao je kao *Australopithecus afarensis.* Nažalost, imamo samo delove Lusine lobanje, ali njena donja vilica je neobično dobro očuvana. Bila je mala po današnjim standardima, premda ne tako mala kao *Homo floresiensis,* majušno biće kome su pisani mediji nadenuli iritirajući nadimak „hobit“, izumrlo razočaravajuće nedavno na indonežanskom ostrvu Flores. Lusin skelet dovoljno je kompletiran pa na osnovu njega zaključujemo da je hodala uspravno po zemlji, ali verovatno se i od opasnosti sklanjala na drveće po kome se vešto pela. Imamo jake dokaze da su kosti koje smatramo Lusinim zaista pripadale istoj jedinki. To se ne može reći za takozvanu Prvu porodicu, zbirku kostiju od najmanje trinaest jedinki sličnih Lusi iz približno istog doba, koje su odnekud pokopane zajedno a takođe su otkrivene u Etiopiji. Fragmenti skeleta Lusi i Prve porodice omogućavaju nam da steknemo prilično dobru predstavu o izgledu *Australopithecus afarensisa,* ali teško je napraviti potpuno autentičnu rekonstrukciju na osnovu delova tako velikog broja jedinki. Na sreću, prilično celovita lobanja poznata kao AL 444-2 (desno) otkrivena je 1992. godine u istoj oblasti u Etiopiji i potvrdila je rezultate prethodnih rekonstrukcija.

Iz proučavanja Lusi i pripadnika njene vrste proističe zaključak da su imali mozak približno iste veličine kao šimpanze, ali su, za razliku od šimpanza, hodali uspravno na zadnjim nogama poput nas: to je drugi od naša tri hipotetička scenarija. Lusina vrsta je nalikovala šimpanzama uspravnog

hoda. Njihovu dvonožnost dramatično potvrđuje dirljivo prepoznatljiv niz otisaka stopala koji je otkrila Meri Lila u fosilizovanom vulkanskom pepelu. Nađeni su južnije, u Laetoliju u Tanzaniji, i stariji su od Lusi i AL 444-2 - njhova starost se procenjuje na oko 3,6 miliona godina. Obično se pripisuju paru *Australopithecus afarensisa* koji su zajedno hodili (držeći se za ruke?); važno je to da je pre 3,6 miliona godina uspravni čovekoliki majmun hodao zemljom na dva stopala prilično nalik našim, ali mu je mozak bio veliki kao kod šimpanza.

Izgleda vrlo verovatno da su naši preci od pre tri miliona godina pripadali vrsti koju nazivamo *Australopithecus afarensis* - Lusinoj vrsti.



AL 444-2

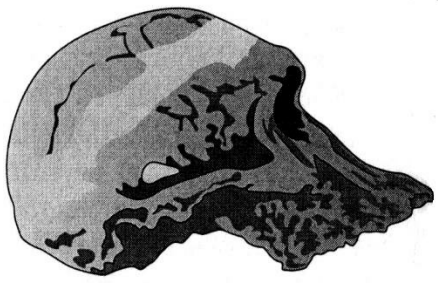
Ostali fosili su od različitih vrsta istog roda kome je izvesno pripadao i naš predak. Prvi otkriveni Australopithecine i etalon vrste (holotip), bilo je takozvano Taunško dete. Njega je izjeo orao kad je imao tri i po godine. Dokaz je to što su oštećenja očnih duplji fosila istovetna onima koje današnji orlovi prave kad iskljucaju oči današnjim majmunima. Jadno malo Taunško dete! U kandžama orlovske furije, dok je tvoje vriske nosio vetar, nikakvu utehu nisi moglo naći u tome da ti za dva i po miliona godina sledi slava: bićeš *Australopithecus africanus.* Žalosna Taunška majko koja jadikuješ u pliocenu.

Etalon vrste je prva imenovana jedinka nove vrste i njoj se zvanično dodeljuje prva oznaka u muzeju. Teorijski, ostaci koji se kasnije otkriju mogu se uporediti sa etalonom vrste da bi se videlo ima li poklapanja. Godine 1924, južnoamerički antropolog Rejmond Dart otkrio je Taunško dete i odredio mu potpuno novo ime, rod i vrstu.

Koja je razlika između vrste i roda? Hajde da raščistimo to pitanje pre nego što nastavimo. Rod je opširnija kategorija u biološkoj klasifikaciji. Vrsta pripada rodu koji često deli s drugim vrstama. *Homo sapiens* i *Homo erectus* jesu dve vrste u okviru roda *Homo. Australopithecus africanus* i *Australopithecus afarensis* dve su vrste koje pripadaju rodu *Australopithecus.*

Latinsko ime životinje ili biljke sastoji se od imena roda (s velikim početnim slovom) i imena vrste (koje počinje malim slovom). Oba imena se pišu kurzivom. Ponekad postoji i dodatno ime - naziv podvrste koji se navodi posle imena vrste: na primer, *Homo sapiens neanderthalensis.* Taksonomi se često spore zbog imena. Na primer, mnogi od njih usvajaju ime *Homo neanderthalensis* umesto *Homo sapiens neanderthalensis,* unapređujući neandertalskog čoveka od podvrste u vrstu. Imena roda i vrsta često se osporavaju i menjaju u narednim revizijama u naučnoj literaturi. *Paranthropus boisei* je svojevremeno bio *Zinjanthropus boisei* i *Australopithecus boisei*,[38] a često se neformalno naziva kršni Australopithecine - nasuprot dvema gracioznim (vitkijim) prethodno pomenutim vrstama *Australopithecusa.* Jedna od glavnih stvari na koju skrećem pažnju u ovom poglavlju jeste i izvesna crta proizvoljnosti u zoološkoj klasifikaciji.

Rejmond Dart je, dakle, Taunško dete, etalon vrste roda, imenovao *Australopithecus,* i mi smo od tada osuđeni na to da nam se predak zove tako razočaravajuće i nemaštovito. Ime ne znači ništa drugo do „južni čovekoliki majmun". Nema nikakve veze sa Australijom - „južnom zemljom". Dart je baš mogao da smisli maštovitije ime za tako važan rod. Mogao je čak i da nasluti da će drugi pripadnici tog roda kasnije biti otkriveni severno od ekvatora.

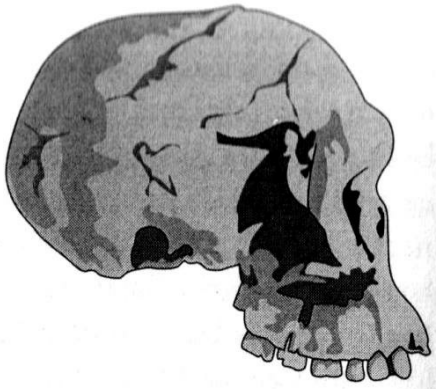


„Gospođica Plez"

Nešto stariji fosil od Taunškog deteta jeste jedna od najlepših očuvanih lobanja kojima raspolažemo, premda bez donje vilice, zove se Gospođica Plez. Ova dama, koja bi možda mogla biti i omanji mužjak a ne krupna ženka, dobila je nadimak po prvobitnoj klasifikaciji u rod *Plesianthropus.* Ime ovog roda znači „gotovo ljudski" - bolje nego „južni čovekoliki majmun". Kasnije su taksonomi presudili da su Gospođica Plez i njena vrsta zapravo istog roda kao Taunško dete, što je ulivalo kakvu-takvu nadu da bi se

ime *Plesianthropus* moglo usvojiti za sve njih. Nažalost, pravila zoološke nomenklature su stroga do nivoa cepidlačenja. Hronologija imenovanja je većeg prioriteta od smisla i prikladnosti. „Južni čovekoliki majmun" je možda bedno ime, ali to nije važno: starije je od mnogo suvislijeg imena *Plesianthropus* i izgleda da smo osuđeni na njega, sem ako... Još uvek gajim neprimerenu nadu da će neko, u prašnjavoj fioci kakvog južnoafričkog muzeja, otkriti davno zaboravljen fosil, nedvosmisleno iste vrste kao Gospođica Plez i Taunško dete, ali s nažvrljanom oznakom, „Etalon vrste *Hemianthropus,* 1920". Istog momenta, svi muzeji na svetu morali bi bez odlaganja da izmene oznake svojih originalnih primeraka *Australopithecusa* i njihovih kopija, i ta izmena bi morala da se usvoji u svim knjigama i člancima o preistoriji. Programi za obradu reči širom sveta morali bi prekovremeno da otkrivaju pominjanja reči *Australopithecus* i zamenjuju je rečju *Hemianthropus.* Ne pada mi na pamet drugi slučaj da međunarodna pravila mogu biti dovoljno moćna da nametnu jezičku izmenu koja bi se preko noći morala sprovoditi svuda i retroaktivno.

Sada ću reći još ponešto o navodnim karikama koje nedostaju i proizvoljnosti imena. Jasno je da se u stvarnom svetu ništa nije izmenilo kad je ime Gospođice Plez promenjeno od *Plesianthropus* u A*ustralopithecus.* Verovatno niko nije bio poveden da pomisli drugačije. Ali, razmotrimo sličan slučaj, fosil je posle naknadnog pregleda premešten iz jednog u drugi rod iz anatomskih razloga. Ili antropolozi nisu imali isto mišljenje o njegovom rodu, što se često dešava. Nije li u samoj biti logike evolucije shvatanje da su neke jedinke morale biti na samoj granici između dva roda - na primer, između rodova *Australopithecus* i *Homo.* Lako je pogledati lobanje Gospođice Plez i današnjeg *Homo sapiensa* i reći kako bez sumnje pripadaju različitim rodovima. Pretpostavimo li ono sa čime se danas slažu gotovo svi antropolozi - da su svi pripadnici roda *Homo* potekli od predaka iz roda koji nazivamo *Australopithecus* - neizostavno sledi da negde u lancu porekla od jedne do druge vrste mora postojati barem jedan oblik koji se našao na samoj granici. To je važno zapažanje, te ću se još malo zadržati na njemu.



KNM ER 1813

KNM ER 1470

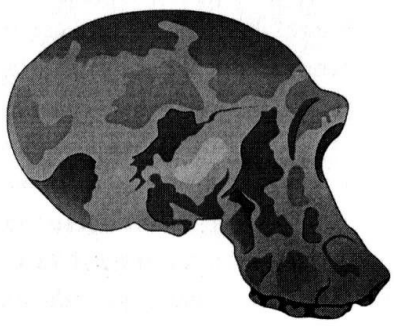
Imajući u vidu oblik lobanje Gospođice Plez kao predstavnice vrste *Australopithecus africanus* od pre 2,6 miliona godina, pogledajmo lobanju desno zvanu KNM ER 1813, a potom i onu ispod nje (KNM ER 1470). Obe datiraju od pre oko 1,9 miliona godina, a većina autoriteta ih svrstava u rod *Homo.* Danas je lobanja 1813 klasifikovana kao vrsta *Homo habilis,* ali nije oduvek bilo tako. I lobanja 1470 je donedavno pripadala istoj vrsti, ali sada se radi na tome da se preklasifikuje u vrstu *Homo rudolfensis.* Ovo je još jedna potvrda varljivosti i privremenosti naših imena. Ali, to nije važno: izgleda da niko ne sumnja u to da pripadaju rodu *Homo.* Očigledna razlika između Gospođice Plez i njenog soja i ovih dveju lobanja: naša gospođica je imala isturenije lice i manju lobanjsku čauru. Po tim karakteristikama primerci 1813 i 1470 sličniji su čoveku, dok je Gospođica Plez bliža čovekolikom majmunu.

Razmotrimo sada lobanju na sledećoj strani, zvanu Tvigi. Danas se klasifikuje u vrstu *Homo habilis.* Ali po isturenoj gubici sličnija je Gospođici Plez nego primercima 1470 i 1813. Možda se nećete iznenaditi kada čujete da

neki antropolozi svrstavaju Tvigi u rod *Australopithecus,* dok po drugima spada u rod *Homo.* Svaki od ova tri fosila je do sada, zapravo, ponekad bio klasifikovan kao *Homo habilis,* a pokatkad kao *Australopithecus habilis.* Već sam pomenuo da su pojedini autoriteti s vremena na vreme menjali ime vrste primerka 1470, *habilis,* u *rudolfensis.* Kao vrhunac, ime vrste *rudolfensis* je dodavano imenima oba roda - *Australopithecus* i *Homo*. Sve u svemu, razni autoriteti su u različitim trenucima ova tri fosila nazivali raznovrsnim imenima:

KNM ER 1813: *Australopithecus habilis, Homo habilis*
KNM ER 1470: *Australopithecus habilis, Homo habilis, Australopithecus rudolfensis, Homo rudolfensis*
OH 24 („Tvigi“): *Australopithecus habilis, Homo habilis*

Da li bi ovakva pometnja u imenima trebalo da uzdrma naše uverenje u valjanost nauke o evoluciji? Sasvim suprotno. To je očekivano, budući da su ova bića evolucioni posrednici, karike koje su nekad nedostajale, ali ne više. Morali bismo se zabrinuti kad ne bi bilo prelaznih oblika toliko blizu granica da ih je teško klasifikovati. Iz perspektive evolucije**,** dodeljivanje zasebnih imena bi odista trebalo da postane nemoguće kad bi fosilni zapisi bili potpuniji. U neku ruku, imamo sreće što su fosili tako retki. Kad bismo imali neprekidan fosilni zapis, dodela zasebnih imena vrstama i rodovima postala bi nemoguća, ili barem veoma problematična. S pravom možemo zaključiti da je glavni predmet spora među paleoantropolozima - da li neki fosil pripada ovoj ili onoj vrsti, odnosno rodu - duboko i zanimljivo besmislen.



„Tvigi“

Maštajmo još malo o tome da smo, nekom ludom srećom, sastavili neprekidan fosilni zapis celokupne evolucione promene kome ne nedostaje nijedna karika. Osvrnimo se sada na četiri latinska imena koja su dodeljivana primerku 1470. Na prvi pogled, izmena *habilis* u *rudolfensis* čini se sitnijom od preimenovanja *Australopithecusa* u *Homo.* Dve vrste istog roda

međusobno su sličnije od dva različita roda. Zar ne? Nije li to u hijerarhiji klasifikacije osnova za distinkciju između kategorije roda (na primer, *Homo* ili *Pan* kao alternativni rod afričkih čovekolikih majmuna) i kategorije vrste (primer su *troglodytes* ili *paniscus*, vrste šimpanza)? Da, to je tačno kad se radi o klasifikaciji modernih životinja koje možemo smatrati vrhovima grančica na evolucionom stablu u čijoj krošnji obitavaju njihovi prigodno mrtvi i s puta sklonjeni prapreci. Naravno, opravdano je očekivati da će razlike između grančica koje se spajaju dalje u prošlosti (dublje u unutrašnjosti krošnje), biti veće od razlika između grančica što se spajaju bliže vrhovima (s mlađim zajedničkim pretkom). Sistem funkcioniše sve dok ne pokušavamo da klasifikujemo mrtve pretke. Ali čim na scenu stupi naš hipotetički upotpunjen fosilni zapis, sva ta uredna podela pada u vodu. Zasebna imena se više nikako ne mogu primeniti. To postaje jasno ukoliko se postupno vraćamo u prošlost, slično kao što smo učinili u primeru sa zečevima u poglavlju 2.

Dok se vraćamo u prošlost u potrazi za poreklom modernog *Homo sapiensa,* neizbežno ćemo naići na trenutak kada je razlika od današnjeg čoveka dovoljno velika da to biće dobije drugačije ime vrste - na primer, *Homo ergaster.* Ipak, jedinke su, po svoj prilici, na svakom koraku tog puta dovoljno ličile na svoje roditelje i decu da bi se podvele pod istu vrstu kao oni. Pratimo li još dalje poreklo *Homo ergastera,* moraćemo da naiđemo na jedinke dovoljno različite od preovlađujućeg *ergastera* da zbog toga zaslužuju zasebno ime vrste - na primer, *Homo habilis.* Stigli smo do glavne ideje ovog izlaganja. Kako se budemo vraćali još dalje u prošlost, u nekom trenutku izvesno ćemo početi da srećemo jedinke koje su se dovoljno razlikovale od današnjeg *Homo sapiensa* pa treba da se svrstaju u poseban rod: na primer, rod *Australopithecus.* Problem je u tome što je „dovoljno različit od današnjeg *Homo sapiensa*“ nešto sasvim drugo od „dovoljno različit od najranijeg pripadnika roda *Homo*“ kog smo na ovom mestu označili kao *Homo habilis.* Razmislite o prvom *Homo habilisu.* Njegovi rođaci bili su roda *Australopithecus.* Dakle, nije pripadao rodu svojih roditelja? Pa, to je glupost! Dabome da je glupost. Ali to nije nedostatak prirode, već insistiranje ljudi da sve trpaju u neku od imenovanih kategorija. U prirodi, nije bilo prvog pripadnika vrste *Homo habilis.* Nije bilo prvog pripadnika nijedne vrste, roda, reda, klase ili tipa. Svako do sada rođeno biće bilo bi klasifikovano - kad bi se našao zoolog za takvu klasifikaciju - u istu vrstu kao njegovi roditelji i deca. Ipak, naknadni uvid u prošlost, i prednost -

da, paradoksalno je, ali radi se o *prednosti* - zbog činjenice da većina karika nedostaje, omogućavaju klasifikaciju u vrste, rodove, familije, redove, klase i tipove.

Voleo bih da zaista imamo upotpunjen i neprekinut fosilni zapis, kinematografsko autentično svedočanstvo o svim evolucionim promenama - ni najmanje zato što bih rado video izraz stida na licima onih zoologa i antropologa koji se upuštaju u doživotne međusobne rasprave o pripadnosti nekog fosila jednoj ili drugoj vrsti ili rodu. Gospodo - pitam se zašto, po svoj prilici, to nikad nisu dame - gložite se oko reči, a ne oko stvarnosti. Sam Darvin reče u *Čovekovom poreklu:* „U nizu oblika, polazeći od nekog majmunolikog stvorenja pa idući postepeno do čoveka koji sad postoji, bilo bi nemoguće utvrditi određenu tačku kad bi trebalo da se upotrebi izraz 'čovek'."

Homo erectus

Pregledajmo malo fosile i zadržimo se na nešto mlađim fosilima, karikama koje su nedostajale u Darvinovo vreme, a sada su nam dostupne. Koje posrednike možemo naći između nas i raznih bića poput 1470 i Tvigi koju ponekad zovu *Homo,* a pokatkad *Australopithecus*? Već znamo za neke - na primer, Javanskog čoveka i Pekinškog čoveka koji se obično klasifikuju kao *Homo erectus.* Ali ta dva bića su živela u Aziji, a postoje jaki dokazi da se ljudska evolucija uglavnom odigrala u Africi. Javanski čovek i Pekinški čovek i njihova bratija bili su doseljenici s matičnog afričkog kontinenta. Njihovi ekvivalenti iz Afrike danas se obično klasifikuju kao *Homo ergaster,* premda su se dugi niz godina zvali *Homo erectus* - eto još jedne potvrde o nepouzdanosti našili procedura imenovanja. Najčuveniji primerak *Homo ergastera*, i jedan od najcelovitijih nađenih fosila koji su prethodili čoveku, jeste Turkanski dečak ili Dečak iz Nariokotoma; njega je otkrio Kamoja Kimeu, čuveni pronalazač fosila u timu paleontologa Ričarda Likija.

Turkanski dečak je živeo pre oko 1,6 miliona godina; procenjuje se da je

umro s približno jedanaest godina. Postoje indikacije da bi, da je doživeo zrelost, dostigao visinu od 183 cm. Pretpostavljena zapremina mozga Turkanskog dečaka kao odrasle jedinke bila bi oko 900 kubnih centimetara. To je bila tipična mera za mozak *Homo ergastera/erectusa* čija se zapremina kretala oko 1.000 cm^3. Znatno je manji od mozga današnjeg čoveka, čija je zapremina od 1.300 do 1.400 cm^3, ali veći od mozga *Homo habilisa* (oko 600 cm^3) koji je, opet, bio veći od mozga *Australopithecusa* (oko 400 cm^3) i šimpanze (približno iste zapremine). Setićete se da smo zaključili kako je naš predak od pre tri miliona godina imao mozak veliki kao šimpanzin, ali je hodao na zadnjim nogama. Na osnovu toga možemo pretpostaviti da bi druga polovina priče, koja teče od pre 3 miliona godina do današnjeg doba, govorila o povećanju zapremine mozga. A i zaista se pokazuje da je tako.

Homo ergasterlerectus, čijih fosila imamo mnogo, vrlo je ubedljiva karika koja nam je nekad nedostajala, na pola puta između današnjeg *Homo sapiensa* i *Homo habilisa* od pre dva miliona godina; *Homo habilis* je predivna veza s još starijim *Australopithecusom* od pre tri miliona godina, koji se, kao što smo videli, može sasvim prigodno opisati kao šimpanza uspravnog hoda. Koliko još karika je potrebno pre nego što prihvatimo da više ne „nedostaju"? I možemo li premostiti jaz između *Homo ergastera* i današnjeg *Homo sapiensa*? Da, imamo pravi rudnik fosila iz poslednjih nekoliko stotina hiljada godina, prelaznih oblika između te dve vrste. Nekima su dodeljena imena vrste poput *Homo heidelbergensis*, *Homo rhodesiensis* i *Homo neanderthalensis.* Drugi (a ponekad i neki od navedenih) nazivaju se „arhaičnim" *Homo sapiensom.* Ali, ponoviću - imena su nevažna. Važno je to da karike koje nedostaju više ne nedostaju. Prelaznih oblika, na sve strane.

OTIĐITE I POGLEDAJTE

Dakle, imamo dobru fosilnu dokumentaciju postupne promene, od Lusi, „uspravne šimpanze" od pre tri miliona godina, do nas. Kako poricatelji istorije gledaju na takve dokaze? Neki je doslovno poriču. S tim sam se susreo u intervjuu koji sam 2008. godine napravio za dokumentarac *Genijalnost Čarlsa Darvina (The Genius of Charles Darwin)* na televiziji Channel Four. Intervjuisao sam Vendi Rajt, predsednicu grupe „Žene koje brinu za Ameriku" (Concerned Women fer America). Njen stav da je „pilula za jutro posle najbolji prijatelj pedofila" prilično dobro dočarava njenu moć

rasuđivanja čiju slabost je potpuno potvrdila tokom razgovora. Za televizijski dokumentarac je iskorišćen samo mali deo intervjua. Navešću mnogo potpuniji transkript, ali sam se, zadržavajući se u okvirima ovog poglavlja, ograničio na one delove u kojima smo razgovarali o fosilnom zapisu ljudskog porekla.

Vendi: Ponavljam da nauka još uvek ne potkrepljuje ideju evolucionista. Umesto toga, nauka koja ne podržava evoluciju se cenzuriše. Na primer, cenzuriše se to da nema dokaza o evoluciji jedne vrste u drugu vrstu. Da se zaista odigrala evolucija, bilo ptica u sisare ili čak preko toga, izvesno bi postojao barem jedan dokaz.

Ričard: Dokaza je ogroman broj, žao mi je, ali vi i vama slični stalno to ponavljate poput neke mantre, jer slušate samo jedni druge. Trebalo bi da otvorite oči i da pogledate dokaze.

Vendi: Pokažite mi, pokažite kosti, pokažite mi skelet, pokažite mi dokaze za prelazne faze od jedne do druge vrste.

Ričard: Kad god se otkrije prelazni fosil između dve vrste, vi kažete: „Eto, sad imamo dve praznine tamo gde je nekad bila samo jedna." Gotovo svaki fosil koji se nađe prelazni je oblik između neka dva stadijuma.

Vendi [smeh]: Da je tako, Prirodnjački muzej Smitsonijan bio bi prepun tih primera, ali nije.

Ričard: Jeste, jeste... kada je reč o ljudima, od Darvinovog vremena nakupilo se izuzetno mnogo dokaza o prelaznim oblicima u vidu fosila čovekolikih primata, a imamo razne vrste *Australopithecusa,* na primer... potom, tu je *Homo habilis* - to su posrednici između *Australopithecusa* koji je bio stariji rod i *Homo sapiensa,* mlađeg roda. Zašto ih ne smatrate posrednicima?

Vendi:... da postoje pravi dokazi za evoluciju, bili bi izloženi u muzejima, a ne bi se prikazivali samo kao ilustracije.

Ričard: Upravo sam vam pomenuo *Australopithecusa, Homo habilisa, Homo erectusa, Homo sapiensa* - prvo su bili arhaični *Homo*

sapiensi, potom moderni *Homo sapiensi* - to je predivan niz prelaznih formi.

Vendi: Još uvek vam nedostaju materijalni dokazi, tako da...

Ričard: Materijalni dokazi su tu. Otiđite u muzej i pogledajte... Naravno, nemam ih pri sebi, ali možete otići u bilo koji muzej i pogledati *Australopithecusa,* možete videti *Homo habilisa,* možete videti *Homo erectusa,* možete videti arhaičnog *Homo sapiensa* i modernog *Homo sapiensa.* Predivan niz prelaznih oblika. Zašto ponavljate „Pokažite mi dokaze", kad sam to već učinio? Otiđite u muzej i pogledajte.

Vendi: Tako sam i učinila. Otišla sam u muzeje i mnogo je nas koji još uvek nismo ubeđeni...

Ričard: Jeste li videli, da li ste videli *Homo erectusa*?

Vendi: I smatram da su na delu pokušaji, prilično agresivni pokušaji, da nas ućutkaju i cenzurišu. Izgleda da je to što toliko ljudi još uvek ne veruje u evoluciju posledica frustracije. Kad bi evolucionisti bili dovoljno ubeđeni u svoja uverenja, ne bi bilo pokušaja cenzure informacija. To pokazuje da je evolucija još uvek manjkava i da je pod pitanjem.

Ričard: Ja sam... priznajem, frustriran sam. Ne radi se o prikrivanju, već o činjenici da sam vam naveo četiri ili pet fosila... *[Vendi se smeje]*... a vi izgleda ignorišete što vam pričam... Zašto ne odete da pogledate te fosile?

Vendi:... Da su u muzejima u kojima sam bila toliko puta, pregledala bih ih objektivno, ali ponavljam...

Ričard: Oni jesu u muzejima.

Vendi: Ponavljam da filozofija evolucije može da odvede u ideologije koje su bile izuzetno destruktivne po ljudski rod...

Ričard: Da, ali zar ne bi bilo divno kada biste, umesto da ukazujete na pogrešna tumačenja darvinizma koji je bio politički zloupotrebljavan na stravične načine, pokušali da shvatite darvinizam; onda biste bili u poziciji da osporite ta užasna pogrešna sagledavanja darvinizma.

Vendi: Pa, nas često pritiska agresivnost onih koji podržavaju evoluciju. Nije da smo se sakrili od tog shvatanja koje neprestano iznosite. Nije baš da ne znamo za njega, jer se od njega ne možete skloniti. Neprestano nam se potura pod nos. Ali smatram da vaša frustracija proističe iz činjenice da je veliki broj nas upoznat s vašim shvatanjem, ali da i dalje ne prihvata vašu ideologiju.

Ričard: Da li ste videli *Homo erectusa*? Da li ste videli *Homo habilisa*? Da li ste videli *Australopithecusa*? To sam vas pitao.

Vendi: Videla sam ovo: kad god u muzejima ili u udžbenicima kažu da prikazuju evolucione razlike između dve vrste, ponude ilustracije i crteže... a ne materijalne dokaze.

Ričard: Možda morate otići u Muzej Najrobija da vidite originalne fosile, ali možete videti izlivke fosila precizne kopije tih fosila u svakom velikom muzeju koji biste posetili.

Vendi: Da vas pitam, zašto ste tako agresivni? Zašto vam je toliko stalo da svi veruju u ono u šta vi verujete?

Ričard: Ne govorim o veri, već o činjenicama. Pomenuo sam vam određene fosile, i kad god vas zapitam za njih, vi izbegnete odgovor i skrenete temu na nešto drugo.

Vendi:... Trebalo bi da postoji mnoštvo materijalnih dokaza, a ne samo izolovan primer, ali, ponavljam, dokaza nema.

Ričard: Odabrao sam fosile hominida jer sam mislio da bi vam bili najzanimljiviji, ali slični fosili postoje iz svake grupe kičmenjaka koja vam padne na pamet.

Vendi: Ali, izgleda da se vraćam pitanju zašto vam je toliko važno da svi veruju u evoluciju...

Ričard: Ne dopada mi se reč „vera". Skloniji sam da upućujem ljude da pogledaju dokaze, i pozivam vas da pogledate dokaze... Hoću da odete u muzeje i da se suočite s činjenicama i ne verujte onom što su vam rekli - da nema dokaza. Otiđite samo i pogledajte dokaze.

Vendi [smeh]: Ah, da, a ja bih rekla...

Ričard: To nije smešno. Ozbiljno, otiđite. Rekao sam vam za hominidne fosile, a vi možete da odete i da vidite kako je tekla evolucija konja, možete otići i pogledati evoluciju raznih sisara, evoluciju ribe, prelaz od ribe do kopnenih vodozemaca i reptila. Svaki pomenuti primer naći ćete u bilo kom dobrom muzeju. Samo otvorite oči i suočite se s činjenicama.

Vendi: A ja bih rekla, otvorite oči i pogledajte javna dobra koja su izgradili oni što veruju u milostivog Boga koji nas je sve stvorio...

Možda se čini da sam se u toj raspravi nepotrebno tvrdoglavo držao zahteva da ode u muzej i pogleda dokaze, ali zaista sam tako mislio. Ti ljudi su istrenirani da govore: „Nema fosila, pokažite mi dokaze, pokažite mi makar jedan fosil...", i to toliko često ponavljaju da na kraju i poveruju. Zato sam pokušao, eksperimenta radi, da joj pomenem tri ili četiri fosila i ne dopustim joj da se izvuče tako što će ih ignorisati. Rezultat je obeshrabrujući, i dobar je primer najčešće taktike koju poricatelji istorije primenjuju kad su suočeni s dokazima o istoriji - ignoriši dokaze i ponavljaj mantru: „Pokažite mi fosile. Gde su fosili? Nema fosila. Pokažite mi samo jedan prelazni fosil, samo to tražim..."

Druge zbunjuju imena i neizbežna tendencija da se na osnovu imena stvaraju prividne podele tamo gde ih nema. Svaki potencijalno prelazni fosil uvek se klasifikuje kao *Homo* ili *Australopithecus.* Nijedan se ne klasifikuje kao prelazni oblik. Dakle, prelaznog oblika nema. Ali, kao što sam prethodno objasnio, to je neizbežna posledica konvencija zoološke nomenklature, a ne svojstvo prirode. Najsavršeniji posrednik kog biste mogli zamislite i *dalje* bi bio svrstan u rod *Homo* ili *Australopithecus.* Zapravo, jedna polovina paleontologa bi ga verovatno zvala *Homo*, dok bi za drugu polovinu bio *Australopithecus.* I, nažalost, umesto da se okupe oko tvrdnje da su

dvosmisleno prelazni fosili upravo ono što bi trebalo da *očekujemo* po teoriji evolucije, paleontolozi će verovatno nastaviti da stvaraju potpuno pogrešan utisak, skoro spremni da pokažu i pesnice zbog terminološkog neslaganja.

To pomalo nalikuje zakonskoj razlici između odrasle i maloletne osobe. Granicu je neophodno strogo definisati zbog zakona i da bi se odredilo je li osoba dovoljna stara da glasa ili služi vojsku. Godine 1969, zakonska granica za pravo glasanja u Britaniji spuštena je s dvadeset jedne godine na osamnaest godina (u Sjedinjenim Državama to je sprovedeno 1971. godine). Sada se pominje da bi se mogla spustiti na šesnaest godina. Ali, koje god doba zakon predviđao za sticanje prava glasa, niko ne misli da će se slavljenik po ponoći na svoj osamnaesti rođendan (ili dvadeset prvi, ili šesnaesti) pretvoriti u drugačiju osobu. Niko ne smatra da postoje dve vrste ljudi - deca i odrasli - „bez prelaznih oblika". Svima nam je jasno da je period odrastanja jedno dugo prelazno dolu, Mogli bismo reći da neki od nas nikad ne odrastu. Slično tome, evolucija ljudi od nečega kao što je *Australopithecus afarensis* u *homo sapiens* sastoji se od neprekidnog niza roditelja što rađaju decu koju će savremeni taksonomi skoro izvesno podvesti pod vrstu njihovih roditelja. Zbog uvida u prošlost, i iz razloga koji nisu daleko od legalističkih, moderni taksonomi insistiraju da na oznaci svakog fosila mora stajati odrednica poput *Australopithecus* ili *Homo.* Nije *dozvoljeno* da na muzejskim oznakama piše „na pola puta između *Australopithecus africanusa* i *Homo habilisa*". Poricatelji istorije hvataju se za tu konvenciju imenovanja kao da je to *dokaz* za to da u stvarnosti nema prelaznih oblika. Isto tako bismo mogli reći da adolescenti ne postoje, jer svaka osoba je ili odrasla osoba s pravom glasa (stara osamnaest ili više godina) ili dete bez prava glasa (mlađa od osamnaest godina). Možemo da povučemo analogiju zaključujući da činjenica kako se zakonom mora odrediti granica za pravo glasa, dokazuje da adolescenti ne postoje.

Vratimo se fosilima. Ako su branioci kreacionizma u pravu,

Australopithecus je „samo čovekoliki majmun", te su njegovi prethodnici nebitni u potrazi za „karikama koje nedostaju".

Ipak, mogli bismo da ih pogledamo. Imamo nekoliko tragova, premda prilično fragmentarnih, *Ardipithecusa,* koji je živeo pre oko 4-5 miliona godina.

Upoznali smo ga uglavnom na osnovu zuba, ali pronađeno je dovoljno njegovih kostiju lobanje i stopala da se zaključi (tako barem misli većina anatoma koji su ih proučili) kako je hodao uspravno. Sasvim sličan zaključak

izveli su pronalazači dva još starija fosila, *Orrorina* (Milenijumski čovek) i *Sahelanthropusa* (Toumai, gore).

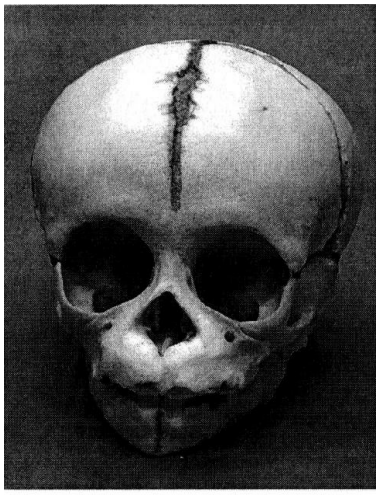
Sahelanthropus

Sahelanthropus je izuzetan po tome što je vrlo star (šest miliona godina, što je blisko starosti zajedničkog pretka sa šimpanzama), i što je nađen na dalekom zapadu Velike raselinske doline (u Čadu, gde nadimak ovog fosila, „Toumai", znači „nada u život"). Ostali paleoantropolozi podozrivi su prema tvrdnjama pronalazača *Orrorina* i *Sahelanthropusa* da su te dve jedinke bile dvonošci. A neki cinik bi zapazio da se za svaki takav fosil pod sumnjom, među sumnjičavima uvek nađe nekoliko njih koji su otkrili isto tako sumnjive fosile!

Paleoantropologija je, više nego druge naučne discipline, na zlom glasu po rivalstvima koja je more - ili možda unose život u nju? Moramo priznati da je fosilni zapis koji spaja čovekolikog majmuna *Australopithecusa* uspravnog hoda sa (pretpostavljamo) četvoronožnim pretkom zajedničkim nama i šimpanzama, još uvek prilično neupotpunjen. Ne znamo kako su se naši preci uspravili na zadnje noge. Potrebno nam je još fosila. Ali radujmo se, barem, dobrom fosilnom zapisu u kome, za razliku od Darvina, možemo uživati: to je fosilni zapis koji prikazuje evolucioni prelaz od *Australopithecusa* s mozgom velikim kao u šimpanze ka modernom *Homo sapiensu* s balonastom lobanjom i velikim mozgom.

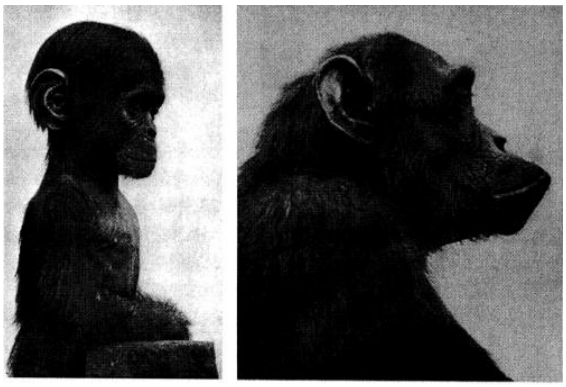
Ovaj odeljak ilustrovao sam reprodukcijama lobanja i podsticao vas da ih poredite. Možda vam je, na primer, za oko zapala izbočina gubice ili supraorbitalnog grebena nekih fosila. Ponekad su razlike vrlo delikatne, što govori o postepenim prelazima od starijeg do mlađeg fosila. Ali, sada bih hteo da zakomplikujem izlaganje nečim što će samo po sebi dovesti do zanimljivog zaključka. Promene u okviru životnog veka jedinke, u periodu odrastanja, u svakom slučaju su dramatičnije od promena koje uočavamo

kada poredimo odrasle jedinke iz susednih generacija.



Šimpanza neposredno pred rođenje

Na prethodnoj strani je prikazana lobanja šimpanze neposredno pred rođenje. Jasno je da je sasvim drugačija od lobanje odrasle šimpanze sa slike na strani 179 i mnogo je sličnija ljudskoj lobanji (i odrasle jedinke i bebe). Dole sam priložio i popularne slike šimpanze kao bebe i kao zrele jedinke, koje se često koriste kao ilustracija zanimljive ideje da odrasla ljudska jedinka zadržava karakteristike iz mladosti (ili - što ne mora obavezno da bude potpuno isto - postajemo seksualno zreli dok su naša tela još uvek mlada). Pomislio sam kako je ova slika odviše dobra da bi bila istinita, pa sam je poslao kolegi Dezmondu Morisu i zatražio njegovo stručno mišljenje. Da nije fotomontaža, zapitao sam ga? Da li je ikada video mladu šimpanzu toliko nalik čoveku? Dr Morisu su sumnjivi leđa i ramena, ali je zadovoljan glavom. „Šimpanze imaju karakterističan pogrbljen stav, a ova ima predivno ispravljen ljudski vrat. Ali ako se usredsredimo isključivo na glavu, slika je uverljiva.” Šila Li, zadužena u izdavačkoj kući za nalaženje ilustracija za ovu knjigu, otkrila je poreklo te čuvene fotografije: načinjena je tokom ekspedicije u Kongo u organizaciji Američkog prirodnjačkog muzeja koja je preduzeta između 1909. i 1915. godine.



Langova fotografija mladunca i odrasle šimpanze

Fotografisane su mrtve životinje, a Šeila ističe da je fotograf, Herbert Lang, bio i preparator. Teško bi bilo odoleti zaključku da je čudan, ljudski stav bebe šimpanze posledica lošeg prepariranja - da Lang nije, ako je verovati muzeju, šimpanze slikao *pre* prepariranja. Ipak, poza mrtve šimpanze može se prilagoditi više nego poza žive životinje. Izgleda da zaključak Dezmonda Morisa drži vodu. Ljudski uspravan položaj ramena bebe šimpanze možda zavređuje podozrivost, ali glava je uverljiva.

Na osnovu glave koja se čini autentičnom, uprkos neuverljivim ramenima, odmah nam je jasno kako poređenje fosilnih lobanja odraslih jedinki može da navede na pogrešan zaključak. Ili, konstruktivnije predočeno, drastična razlika između glave odrasle jedinke i jedinke u mladosti pokazuje kako lako se karakteristika poput isturenosti gubice može izmeniti u odgovarajućem smeru da bude više - ili manje - kao kod čoveka. Embriologija šimpanze „zna" kako da napravi čovekoliku glavu, jer to i čini svakoj šimpanzi dok je beba. Vrlo je verovatno da se tokom evolucije *Australopithecusa* u *Homo sapiensa,* gubica prelaznih oblika postepeno skraćivala na očigledan način: očuvanjem karakteristika mlade jedinke u potonjem stadijumu odrasle jedinke (taj proces, pomenut u poglavlju 2, naziva se neotenija). U svakom slučaju, evoluciona promena se dobrim delom sastoji od promena tempa razvoja određenih delova u odnosu na tempo razvoja drugih delova. To se zove heterohronički („u drugačijem vremenu") razvoj. Hoću reći da će vam evoluciona promena biti kao dečja pesmica, kada prihvatite činjenice o embriološkim promenama koje su opazili naučnici. Formiranje embriona nije vremenski ujednačeno - njegovi delovi se ne razvijaju istim ritmom. Lobanja bebe šimpanze preobražava se u lobanju odrasle jedinke usled rasta kostiju vilice i gubice, bržeg od rasta drugih kostiju lobanje. Svaka životinja, bez obzira na vrstu, tokom embriološkog razvoja prolazi kroz mnogo dramatičnije promene nego što je promena

tipične forme odrasle jedinke iz generacije u generaciju tokom geološkog vremena. Ovako sam, eto, najavio poglavlje o embriologiji i o njenom značaju za evoluciju.

POGLAVLJE 8

SAMI STE TO URADILI ZA DEVET MESECI

TOG plahovitog genija, Džona B. S. Holdejna, koji je, osim što je bio jedan od trojice vodećih arhitekata neodarvinizma, zaslužan za još mnogo toga, jednom je, posle otvorenog predavanja, na raspravu izazvala neka dama. To je usmena anegdota, i Džon Mejnard Smit nažalost nije više s nama da otkrije tačno koje reči su tada izgovorene, ali evo kako je otprilike tekla rasprava:

> *Skeptik po pitanju evolucije:* Profesore Holdejne, čak i ako je evolucija imala na raspolaganju, kako kažete, milijarde godina, naprosto ne mogu poverovati kako je moguće da se od jedne ćelije stvori složeno ljudsko telo s bilionima ćelija organizovanih u kosti, mišiće i nerve, u srce koje bez zastoja pumpa krv decenijama, kilometre krvnih sudova i bubrežnih kanalića, i u mozak sa sposobnošću mišljenja, govora i osećanja.
>
> *DžBS:* Ali, gospođo, i sami ste učinili to što i evolucija. A trebalo vam je samo devet meseci.

Ljubopitljivu damu, moguće je, neočekivan Holdejnov odgovor potpuno je pomeo. Malo bi bilo uporediti to s moreplovcem kad je u trenu stao vetar u jedrima. Ipak, Holdejnov odgovor možda nije pokrio jedan aspekt njene nedoumice. Ne znam da li je postavila dodatno pitanje, ali ako je jeste, možda je glasilo otprilike ovako:

Skeptik po pitanju evolucije: Ah, da, ali embrion u razvoju sledi genske instrukcije. To su *uputstva* kako da izgradi složeno telo za koje vi, profesore Holdejne, tvrdite da je evoluiralo prirodnom selekcijom. A meni je još uvek teško da poverujem u to, čak i ako je ta evoluciju trajala i milijardu godina.

Možda je bila u pravu. Čak i kad bi se ispostavilo da je božanska inteligencija stvorila živi svet u svoj njegovoj složenosti, izvesno nije tačno da ona *oblikuje* živa tela ni približno onako kako svoje proizvode modeluju modelari u glini - na primer - ili stolari, grnčari, krojači ili proizvođači automobila. Možda smo „čudesno razvijeni", ali nismo „čudesno *sazdani*". Kada deca pevaju: „On je napravio njihove žarke boje/ On je napravio njihova majušna krilca",[39] ona izriču detinje očiglednu neistinu. Šta god Bog radio, izvesno *ne pravi* žarke boje i majušna krilca.

Kad bi nešto i radio, bilo bi to nadgledanje embrionalnog razvitka stvari na primer, tako što bi nadovezao sekvence gena koje upravljaju procesom automatskog razvoja. Krila se ne prave, ona rastu - postepeno - od izdanaka ekstremiteta unutar jajeta.

Ponoviću to važno zapažanje koje nije očito, iako bi trebalo takvo da bude: Bog nikada u svom večnom životu nije napravio majušno krilice. Ako je ikad išta napravio (a po mom mišljenju nije, ali ostavimo to po strani, nije reč o tome), bio je to embriološki *recept,* ili nešto poput računarskog programa za kontrolu razvoja majušnog krila (i velikog broja drugih stvari, pride). Naravno, Bog bi mogao da tvrdi kako smišljanje recepta ili programa za krilo ište istu domišljatost, isto umeće koje oduzima dah, kao pravljenje krila. Ipak, sada bih hteo da potcrtam razliku između *pravljenja* nečeg kao što je krilo, i onog šta se zaista dešava u embriologiji.

BEZ KOREOGRAFA

Rana istorija embriologije bila je raspeta između dve suprotstavljene doktrine zvane preformacionizam i epigeneza. Ljudi ponekad ne vide razliku između ove dve teorije, te ću utrošiti malo vremena da ih objasnim. Preformacionisti su smatrali da jaje (ili spermatozoid, jer preformacionisti su bili podeljeni na oviste i spermiste) sadrži majušnu, minijaturnu bebu, homunkula. Svi delovi bebe već su bili na mestu u složenom spletu, pravilno postavljeni jedni prema drugima, i samo su čekali trenutak da počnu da

bujaju poput balona izdeljenog u segmente. Ovakvo stanovište ima očigledne mane. Pre svega, opšte je poznato da je netačna premisa (barem u ranom naivnom obliku te teorije) na kojoj počiva: nasleđujemo od samo jednog roditelja - ovisti kažu od majke, spermisti tvrde, od oca. Drugo, preformacionisti ove vrste suočavali su se s problemom beskonačne regresije homunkula unutar homunkula, u stilu matrjoške - ili, ako ne beskonačne, a ono barem dovoljno duge da nas odvede u prošlost sve do Eve (ili Adama, ako se spermisti pitaju). Jedini način da se izbegne regresija bio bi da se homunkul u svakoj novoj generaciji napravi po detaljnom snimku odrasle jedinke prethodne generacije. Takvo „nasleđivanje stečenih karakteristika" ne dešava se - inače bi se jevrejski dečaci rađali obrezani, a bodi bilderi koji ne izbijaju iz teretane (ali ne i njihova metiljava braća blizanci) pravili bi bebe s trbušnim pločicama, jakih grudnih mišića i zategnute zadnjice.

Treba biti fer prema preformacionistima i reći da su priznali logičku neizbežnost regresije, koliko god apsurdnom se činila. Barem neki od njih su zaista verovali u to da je prva žena (ili čovek) sadržala minijaturne embrione svih svojih potomaka, ugneždene jedne u druge poput matrjoški. A postoji aspekt zbog kog su morali da veruju u to i koji valja pomenuti jer najavljuje suštinu ovog poglavlja. Ako verujete da je Adam „napravljen", a ne da se rodio, time implicirate da Adam nije imao gene - ili, da mu barem nisu bili potrebni kako bi se razvio. Adam nije izrastao iz embriona, već se najednom pojavio - tek tako. Srodan zaključak nadahnuo je viktorijanskog pisca Filipa Gosa (oca u memoarima Edmunda Gosa *Otac i sin)* da napiše knjigu *Omfalos* („pupak" na grčkom jeziku) u kojoj je izložio mišljenje da je Adam morao imati pupak, iako nikad nije bio rođen. Nešto suptilniji zaključak u maniru omfaloškog rasuđivanja, bio bi da su zvezde udaljene od Zemlje više od par hiljada svetlosnih godina morale biti napravljene sa već formiranim svetlosnim zracima koji se protežu gotovo sve do nas - u suprotnom, videli bismo ih tek u dalekoj budućnosti! Ismevanje omfalogije čini se neozbiljnim, ali skopčano je s jednim ozbiljnim zapažanjem o embriologiji koja je tema ovog poglavlja. Taj zaključak nije jednostavno razumeti - i sam još uvek pokušavam da ga sagledam u celosti - i ja ću ga razmotriti iz više uglova.

Preformacionizam se, barem u svojoj prvobitnoj verziji analognoj ruskim matrjoškama, nikada nije mogao pokrenuti s mrtve tačke iz navedenih razloga. Postoji li verzija preformacionizma koju bi imalo smisla oživeti u DNK dobu? Možda, premda sumnjam u to. U udžbenicima iz biologije se neprestano ponavlja da je DNK shema po kojoj se telo formira. To nije tačno.

Istinska shema automobila ili kuće, na primer, otelovljuje jednoznačno preslikavanje s papira u gotov proizvod. Iz toga sledi da je shema upotrebljiva i u obrnutom smeru. Lako je, u obrnutom procesu, od kuće napraviti shemu, upravo zato što se radi o jednoznačnom preslikavanju. Zapravo, još je lakše, jer kuću morate da *izgradite*, ali da biste *nacrtali* shemu, dovoljno je da uzmete nekoliko mera. Nemoguće je rekonstruisati DNK na osnovu tela životinje, ma koliko precizno merili. Zato je pogrešno reći da je DNK shema.

Teorijski, moguće je zamisliti da je DNK kodirani opis tela (možda je na nekoj drugoj planeti zaista tako): neka vrsta trodimenzionalne mape predstavljene linearnim kodom DNK slova. Takav odnos bi odista bio reverzibilan. Skeniranje tela da bi se napravila genetička shema nije tako šašava pomisao. Ako bi DNK funkcionisala na taj način, mogli bismo takvu ideju predstaviti kao svojevrstan neopreformacionizam. Tu teoriju ne bi pratila avet matrjoški. Ne mogu jasno da razlučim da li bi to pobudilo avet nasleđivanja od samo jednog roditelja. DNK na zadivljujuće precizan način uklapa polovinu očinskih informacija s tačno pola majčinskih informacija, ali kako bi spojila polovinu skenirane slike majčinog tela s polovinom skenirane slike očevog tela? Manimo se toga: sve to je daleko od realnosti.

Dakle, nema sumnje - DNK nije shema. Za razliku od Adama, koji je u mahu stvoren kao odrasla jedinka, sva stvarna tela se razvijaju i rastu od jedne ćelije, prolazeći kroz prelazne stadijume embriona, fetusa, bebe, deteta i adolescenta. Možda se živa bića u nekom vanzemaljskom svetu sastavljaju od glave do pete kao uređeni skup trodimenzionalnih biopiksela učitan iz kodirane linije skeniranja. Ali na ovoj planeti stvari ne funkcionišu na takav način, i smatram da postoje razlozi - koje sam predstavio na drugom mestu, te ih neću ovde pominjati - zašto to nije moguće ni na jednoj planeti.[40]

Istorijska alternativa preformacionizmu je epigeneza. Ako su za preformacionizam najbitnije sheme, epigeneza se vrti oko nečeg što više liči na recept ili računarski program. Definicija u *Skraćenom oksfordskom rečniku engleskog jezika (Shorter Oxford English Dictionary*) prilično je skromna, i nisam siguran da bi Aristotel, koji je tu reč skovao, prepoznao svoje čedo:

> **epigeneza:** Teorija razvoja organizma progresivnom diferencijacijom prvobitno nediferencirane celine.[41]

U knjizi *Načela razvoja (Principles of Development)* koju je napisao Luis Volpert s kolegama, epigeneza se predstavlja kao ideja da se nove strukture

stvaraju progresivno. Epigeneza je, u izvesnom pogledu, sama po sebi tačna, ali detalji su presudni, jer đavo se krije u klišeima. Kako se organizam razvija progresivno? Otkud prvobitno nediferencirana celina „zna“ kako da se diferencira progresivno, ako ne po nekoj shemi? U ovom poglavlju hoću da potcrtam razliku između planirane arhitekture i *automontaže,* vrlo sličnu razlici između preformacionizma i epigeneze. Jasno nam je šta je planirana arhitektura jer je vidimo svuda oko nas, u zgradama i drugim ljudskim tvorevinama. Automontaža nam je manje blizak pojam i moraću da mu posvetim veću pažnju. Na polju razvoja, automontaža je na poziciji analognoj mestu prirodne selekcije u evoluciji, iako ti procesi definitivno nisu isti. Na prvi, površan pogled, čini se da su rezultati oba procesa, ostvareni automatskim, nenamernim, neplaniranim sredstvima, izuzetno pažljivo isplanirani.

Dž. B. S. Holdejn je skeptičnoj radoznaloj dami rekao jednostavnu istinu, ali ne bi porekao kako ima misterija, na granici čudesnog (granici, ipak, nikad pređenoj) u činjenici da od jedne ćelije nastaje ljudsko telo u svoj svojoj složenosti. A zagonetnost samo donekle umanjuje činjenica da je ta majstorija ostvarena pomoću DNK instrukcija. Misterija opstaje zato što nam je, makar i u opštim crtama, teško da zamislimo kako bismo mogli napisati instrukcije za građenje tela na način na koji se ono formira, odnosno u procesu koji sam nazvao „automontaža“, srodnom onom što programeri ponekad nazivaju procedura od dna ka vrhu (nasuprot proceduri od vrha ka dnu)[42].

Pretpostavimo da je arhitekta projektovao veličanstvenu katedralu. Potom se preko hijerarhijskog lanca komandovanja, operacija izgradnje razlaže na zasebne segmente koji se dalje razlažu na podsegmente i tako redom dok se instrukcije ne daju zidarima, stolarima i staklorescima ponaosob, i oni se daju na posao dok se ne izgradi katedrala sasvim slična početnom nacrtu arhitekte. To je projektovanje od vrha ka dnu.

Projektovanje od dna ka vrhu funkcioniše na sasvim drugačiji način. Nekad je kružila legenda u koju nikad nisam verovao: pojedine najlepše evropske katedrale napravljene su bez arhitekte. Niko ih nije projektovao. Svaki zidar i stolar je radio svoj posao prema svom umeću za svoj delić građevine, poklanjajući malo pažnje onom što su drugi radili i nimalo se ne obaziruću na globalni plan. I nekako, iz te anarhije, iznikla bi katedrala. Da je zaista bilo tako, to bi bio primer arhitekture od dna ka vrhu. Uprkos toj legendi, katedrale se zasigurno nisu tako gradile.[43] Ali *tako* otprilike niču

termitska gnezda ili mravinjaci - na taj način se razvija i embrion. Zato je embriologija toliko drugačija od bilo kakve konstrukcije ili proizvodnje koja je bliska ljudima.

Isti princip važi za izvesne računarske programe, za određene vidove životinjskog ponašanja i za spoj ta dva principa: za računarske simulacije životinjskog ponašanja. Pretpostavimo da smo poželeli da proučimo ponašanje čvoraka u jatu. Na Web lokaciji YouTube ima izvanrednih filmova, i neki su kadrovi prikazani na strani 16 dodatka u boji. Ove baletske piruete snimio je Dilan Vinter nad oblašću Otmur u blizini Oksforda. Ponašanje čvoraka je izuzetno po tome što iza njega ne stoji nikakav koreograf niti, koliko nam je poznato, vođa, iako se čini drugačije. Svaka ptica samo sledi lokalna pravila.

Uprkos tome što u jatu može biti i više hiljada ptica, one se gotovo nikada ne sudaraju. To je dobro čuti, jer ako se uzme u obzir brzina kojom lete, pri svakom takvom sudaru ozbiljno bi se povredile. Često izgleda da se čitavo jato ponaša kao celina, kružeći i okrećući se kao jedna ptica. Može se nam se učiniti da zasebna jata bez osipanja i mešanja prodiru jedno kroz drugo, krećući se u suprotnim smerovima. Zbog toga prizor izgleda gotovo kao čudo, ali jata su, zapravo, na različitim udaljenostima od fotoaparata i ne prolaze jedno kroz drugo. Estetsko zadovoljstvo uvećava oštra definisanost ivica jata. Jato se ne omeđava postepeno, već naglo. Gustina ptica po obodu nije manja nego u sredini jata, a preko oboda je nula. Sagledamo li strukturu jata na taj način, moramo priznati da je čudesno iznenađujuća.

Izvođenje te predstave zaslužuje više nego da se jedan njen kadar upotrebi kao elegantan čuvar računarskog ekrana. Ne bi valjalo da u tu svrhu upotrebite dokumentarni video zapis čvoraka, jer bi čuvar ekrana neprestano ponavljao iste baletske bravure, te se ne bi svi pikseli animirali u istoj meri. Umesto toga, valjalo bi napraviti računarsku *simulaciju* jata čvoraka; a, kao što će vam svaki programer reći, postoji pravi način i pogrešan način da se to uradi. Ne pokušavajte da programirate koreografiju za čitav balet - to bi bio izuzetno loš stil programiranja za ovakav zadatak. Moram da predložim bolju strategiju, jer je mozak ptica skoro izvesno programiran na taj način. Štaviše, ovo je odlična analogija sa ustrojstvom embriologije.

Evo kako da programirate ponašanje jata čvoraka. Gotovo sve svoje napore usmerite ka programiranju ponašanja jedne jedinke. Ugradite u svog kompjuterskog čvorka detaljna uputstva o tome kako da leti i kako da reaguje u prisustvu okolnih čvoraka, zavisno od njihove udaljenosti i relativne

pozicije. Unesite instrukcije o tome u kom stepenu da se obazire na ponašanje susednih ptica i individualne inicijative u promeni pravca. Ta pravila za izradu modela definisala bi se na osnovu vrednosti parametara aktivnosti ptica u stvarnosti. Obdarite svoju sajberpticu tendencijom da nasumice menja pravila svog ponašanja. Pošto ste napisali komplikovan program za definisanje pravila ponašanja jednog čvorka, na redu je završni korak, a njega ističem u ovom poglavlju. *Ne pokušavajte* da programirate ponašanje celog jata kao što bi možda uradile prethodne generacije računarskih programera. Umesto toga, klonirajte tog jednog sajberčvorka kog ste programirali. Napravite hiljadu kopija njegovih kopija: one mogu biti međusobno identične ili možda s malim varijacijama u pravilima. Sada „oslobodite" u svom računaru hiljade čvoraka napravljenih po modelu, tako da mogu nesputano međusobno delovati jedni s drugima prema istim pravilima.

Ako ste valjano definisali pravila ponašanja za jednog čvorka, hiljadu sajberčvoraka - svaki je jedna tačka na ekranu - ponašaće se kao pravo jato čvoraka u zimu. Ukoliko niste sasvim potrefili ponašanje jednog čvorka, možete se vratiti unatrag u programiranju i prilagoditi ponašanje sajberčvorka, možda u skladu s dodatnim parametrima ponašanja čvoraka od krvi i mesa. Sada klonirajte novu verziju hiljadu puta da biste dobili nove klonove umesto hiljadu kopija koje nisu valjano funkcionisale. Menjajte model čvorka za kloniranje sve dok hiljade sajberčvoraka na ekranu ne budu tvorili zadovoljavajuće realističan čuvar ekrana. Držeći se ovog principa, Kreg Rejnolds je 1986. godine napisao program (ne isključivo za čvorke) koji je nazvao „Boids".

Ovim primerom sam ilustrovao suštinu: nema koreografa ni vođe. Poredak, organizacija, struktura - sve to *nastaje* kao sporedni proizvod pravila koja se primenjuju *lokalno* na mnogo mesta, ali ne globalno. Tako funkcioniše embriologija. Celokupan posao obavljaju lokalna pravila na različitim nivoima, ali naročito ona na nivou jedne ćelije. Nema koreografa. Nema dirigenta orkestra. Nema centralnog planiranja. Nema arhitekte. U oblasti razvoja ili proizvodnje, ovakvoj vrsti programiranja ekvivalentna je *automontaža.*

Telo čoveka, orla, krtice, delfina, geparda, žabe leoparda, vrapca, tako su prelepo sastavljena, da se čini nemogućim verovati kako geni koji programiraju njihov razvoj ne funkcionišu kao shema, smišljeni dizajn ili globalni plan. Ali nije tako: telo se formira od pojedinačnih ćelija koje slede lokalna pravila poput sajberčvoraka. Predivno „projektovana" tela *nastaju*

kao posledica pravila kojih se pojedinačne ćelije pridržavaju *lokalno,* ne obazirući se na bilo šta što bi se moglo nazvati globalnim planom. Ćelije embriona u razvoju vrte se i plešu jedne oko drugih poput čvoraka u ogromnim jatima. Ipak, postoje važne razlike. Za razliku od čvoraka, ćelije se fizički međusobno povezuju u slojeve i blokove: „tkiva" su njihova „jata". Kada se vrte i plešu poput minijaturnih čvoraka, formiraju se trodimenzionalni oblici, jer se tkiva uvijaju (invaginiraju) jedna u druga kao posledica pomeranja ćelija;[44] ili bubre ili se skupljaju prema lokalnom obrascu rasta i umiranja ćelija. Volim da pribegnem paraleli sa origamijem, umećem pravljenja figura od papira, a analogije se setio istaknuti embriolog Luis Volpert u svojoj knjizi *Trijumf embriona (The Triumph of the Embryo);* ali pre nego što se osvrnem na to, moram da odagnam alternativne analogije koje bi vam mogle pasti na pamet - analogne primere iz zanatskih veština i proizvodnih procesa.

ANALOGIJE S RAZVOJEM

Iznenađujuće je teško naći dobru analogiju s razvojem živog tkiva, ali moguće je pronaći delimične sličnosti sa određenim aspektima ovog procesa. Suština se donekle može uporediti s receptom, i tu analogiju ponekad koristim da bih opisao kako shema nije pogodna za poređenje. Za razliku od sheme, recept nije dvosmeran. Ako postupno sledite recept, napravićete tortu. Ali ne možete na osnovu torte da rekonstruišete recept - svakako ne tačno svaku njegovu reč - dok, kako smo videli, od kuće se da dobiti nešto slično izvornoj shemi. To je moguće usled jednoznačnog preslikavanja delova kuće i delova sheme. Uz očite izuzetke poput kandirane višnje na vrhu torte, između delova torte i reči ili rečenica recepta nema jednoznačnog preslikavanja.

Kakve druge analogije s ljudskom proizvodnjom dolaze u obzir? Skulptura je loš primer za poređenje. Vajar uzima kamen ili parče drveta i uklanja delove materije dok ne preostane samo željeni oblik. Istina, moguće je u tome naći prilično jasnu sličnost sa apoptozom, jednim procesom u embriologiji. Apoptoza je programirana ćelijska smrt i dešava se, na primer, tokom razvoja prstiju ruku i nogu. Prsti ljudskog embriona su spojeni. Vi i ja smo u materici imali prste na rukama i nogama spojene kožom. Kožna opna se izgubila (kod većine ljudi, uz povremene izuzetke) u programiranoj

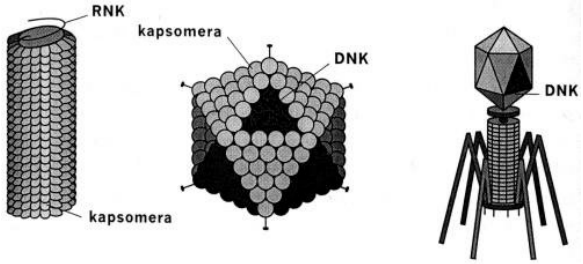
ćelijskoj smrti. To donekle podseća na vajanje skulpture, ali ne događa se dovoljno često niti je toliko važno da bi odslikavalo kako embriologija obično funkcioniše. Možda vajarsko dleto i padne na pamet embriolozima, ali brzo ga zaboravljaju.

Neki vajari ne uklanjaju delove materijala, već preoblikuju parče gline ili mekog voska (koji se kasnije mogu izliti, na primer, u bronzi) u željenu figuru. Ni to nije dobra analogija embriologiji, kao ni krojačko umeće. Tkanina se kroji po šnitu, a potom se skrojeni delovi zašivaju, unapred iskrojenim oblicima. Često se izvrću naopako da bi se prikrili šavovi - barem taj korak je dobra analogija određenim segmentima embriologije. Ali embriologija, u načelu, nije ništa sličnija krojenju nego vajanju. Pletenje je možda prikladnije za poređenje zato što se jedna celina - na primer, džemper - pravi od brojnih zasebnih petlji, sličnih pojedinačnim ćelijama. Ali ima boljih analogija, kao što ćemo videti.

A šta mislite o sklapanju automobila ili neke druge komplikovane mašine na montažnoj traci: da li je to dobra analogija? Poput vajanja i krojenja, spajanje proizvedenih delova efikasan je način da se nešto napravi. U fabrici automobila, delovi se prave unapred, često izlivanjem u kalupe u livnici (a čini mi se da u embriologiji ne postoji ništa što podseća na livenje). Svi ti gotovi delovi se stavljaju na montažnu traku i postupno zašrafljuju, zakucavaju, vare ili lepe, prema precizno napravljenom planu. Ponavljam, embriologija ni po čemu ne podseća na unapred pripremljen plan. Ali ima sličnosti sa uređenim spajanjem unapred proizvedenih delova - na primer, setite se kako se u fabrici automobila gotovi karburatori, razvodnici paljenja, klinasti remeni i glave motora prikupljaju i spajaju na odgovarajući način.

Na slici dole prikazane su tri vrste virusa. Levo je virus mozaika duvana (TMV), koji parazitira u biljkama duvana i u drugim pripadnicima familije *Solanaceae* - na primer, u paradajzu. U sredini je adenovirus, koji napada respiratorni sistem mnogih životinja, među njima i ljudski. Desno je bakteriofag T4, koji parazitira u bakterijama. Liči na lunarnu sondu, a i ponaša se slično - prizemljuje se na površinu bakterije (koja je mnogo veća), svija se uz nju na svojim paukolikim nogama, potom probija ćelijski zid bakterije sondom iz središta svog tela i ubrizgava DNK u bakteriju. Posle toga, virusni DNK otima mašineriju bakterije za pravljenje proteina i koristi je za proizvodnju novih virusa. Druga dva virusa sa slike rade nešto slično, iako ne liče na lunarne sonde niti se tako ponašaju. U sva tri slučaja, genetički materijal tih virusa otima aparat za proizvodnju proteina ćelije

domaćina i koristi njegovu montažnu traku za proizvodnju virusa umesto njegovih uobičajenih proizvoda.



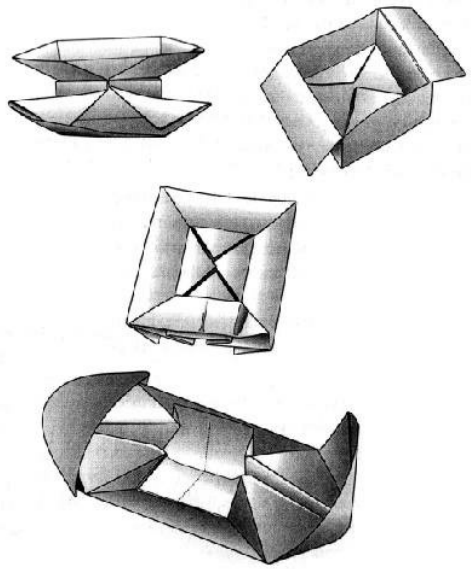
Tri vrste virusa

Slika prikazuje proteinske kontejnere genetičkog materijala, a u slučaju T4 (lunarne sonde) i mašineriju za inficiranje domaćina. Zanimljivo je kako se sklapa proteinski aparat. Zaista je posredi automontaža. Svaki virus se pravi od nekoliko već napravljenih molekula proteina. Svaki molekul proteina se prethodno sam formirao, a kako, to ću vam predočiti, praveći karakterističnu tercijarnu strukturu po zakonima hemije i u skladu sa sebi svojstvenom sekvencom amino-kiselina. A potom se molekuli proteina spajaju u virusu tvoreći kvaternarnu strukturu, takođe po lokalnim pravilima. Nema globalnog plana, odnosno sheme.

Proteinske subjedinice koje se poput lego kockica slažu i povezuju u kvaternarnu strukturu, nazivaju se kapsomere. Primećujete li da su te male konstrukcije geometrijski savršene? Adenovirus sa sredine slike ima tačno 252 kapsomere uređene u ikosaedar; na slici su prikazane kao loptice. Ikosaedar je platonski savršeno geometrijsko telo s dvadeset trougaonih strana. Kapsomere se ne uređuju u ikosaedar po glavnom planu ili shemi, već zahvaljujći činjenici da svaka prati lokalna pravila hemijskog privlačenja kada naiđe na sebi slične. Tako se formiraju kristali - adenovirus bi se odista i mogao opisati kao malecki šuplji kristal. „Kristalizacija" virusa je posebno lep primer automontaže koju ističem kao glavni princip sklapanja živih bića. Kod bakteriofaga T4, lunarne sonde, takođe je glavni kontejner DNK materijala oblika ikosaedra, ali njegova kvaternarna struktura nastala automontažom je složenija, obuhvata dodatne proteinske jedinice koje, spojene po drugačijim lokalnim pravilima, tvore brizgalicu, a ima i „noge" pričvršćene za ikosaedar.

Vraćajući se s virusa na embriologiju većih stvorenja, dolazim do meni omiljene analogije među ljudskim tehnikama konstrukcije: do origamija. To je veština konstruktivnog savijanja papira koja je najviše napredovala u Japanu. Jedina origami figura koju umem da napravim je kineska džunka. Naučio me je otac, a on ju je savladao tokom pomame koja je harala

njegovim internatom dvadesetih godina prošlog veka.[45] Embriologija kineske džunke ima svojstvo nalik jednoj stvarnoj biološkoj karakteristici: prolazi kroz nekoliko prelaznih stadijuma larve. Ti prelazni oblici i sami su prijatne tvorevine, kao što je predivna i gusenica, ta privremena forma do konačnog oblika, leptira, na koga gotovo nimalo ne liči. Prostim savijanjem lista papira (bez rezanja, lepljenja ili dodavanja drugih delova), napredujemo kroz tri prepoznatljiva stadijuma larve - katamaran, dvokrilna kutija i slika u ramu - do konačnog, odraslog stadijuma, odnosno kineske džunke. U prilog analogiji sa origamijem ide i iznenađenje koje osetite kada prvi put, tek učeći se, napravite ne samo kinesku džunku, nego i svaki od tri prelazna oblika larve - katamaran, kutija i ram. Vaše ruke savijaju papir, ali vi - u to nema nikakve sumnje - ne radite po shemi za kinesku džunku ili za bilo koju prelaznu larvu. Sledite skup pravila savijanja koja naizgled nemaju nikakve veze s krajnjim proizvodom, dok on najednom ne iskrsne kao leptir iz čaure. Dakle, origami donekle odražava koliko su važna lokalna pravila od globalnog plana.



Kineska džunka - origami figura - s tri „stadijuma larve”: katamaran, dvokrilna kutija i slika u ramu

Analogiju sa origamijem potkrepljuje i činjenica da su savijanje, invaginacija (uvrtanje u unutrašnjost) i izvrtanje na spolja neke od omiljenih majstorija koje tkiva embriona primenjuju formirajući telo. Analogija je posebno prikladna za rane stadijume embrionalnog razvoja. Ali, ima svoje nedostatke od kojih ću pomenuti dva očigledna. Pre svega, papir savijaju ljudske ruke. Osim toga, papirni embrion ne raste. Na kraju teži isto kao na početku. Da se ta razlika ne bi prenebregnula, biološku embriologiju ponegde

ću nazivati rastućim origamijem, umesto samo origamijem.

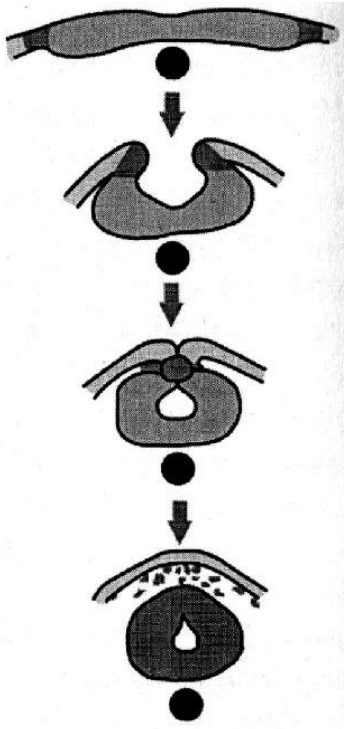
Ova dva nedostatka se na izvestan način međusobno potiru. Slojevi tkiva koji se uvijaju, uvrću i izvrću tokom razvoja embriona zaista rastu, i upravo taj rast je pogonska sila, koja u origamiju potiče od ljudske ruke. Ako biste hteli da napravite origami figuru od slojeva živog tkiva umesto od mrtvog papira, prilično je verovatno da će se **sloj,** ukoliko bi rastao na pravi način - ne ujednačeno, nego u nekim delovima brže a u drugim sporije - automatski postaviti u određeni oblik, čak i da se uvije, uvrne ili izvrne na izvestan način, da se ne rasteže i savija rukama i da mu ne treba globalni plan: neophodna bi bila samo lokalna pravila. Zapravo, nije reč samo o velikoj verovatnoći to se odista i dešava. Nazovimo to auto-origami. Kako auto-origami funkcioniše u praksi, odnosno u embriologiji? Funkcioniše tako što se u pravom embrionu tokom rasta tkiva dele ćelije. A razlike u razvoju pojedinih slojeva tkiva posledica su različite brzine deljenja ćelija koja zavisi od lokalnih pravila za svaki deo tkiva. Dakle, zaobilaznim putem se vraćamo na činjenicu da su presudna lokalna pravila za projektovanje od dna ka vrhu a ne globalna pravila za projektovanje od vrha ka dnu. U ranim fazama razvoja embriona na delu je, zapravo, čitav niz (daleko složenijih) verzija ovog jednostavnog principa.

Evo kako se odvija origami u ranim stadijumima razvoja kičmenjaka. Oplođeno jajašce se deli na dve ćelije. Te dve ćelije se dele i dobijaju se četiri ćelije. Proces se nastavlja tako da se broj ćelija neprestano udvostručuje ogromnom brzinom. U ovoj fazi nema rasta odnosno uvećanja. Prvobitna veličina oplođenog jajašca se prepolovile, kao kad se torta seče na parčiće, a rezultat je lopta od ćelija koja je iste veličine kao prvobitno jajašce. Ta lopta je šuplja i naziva se blastula. Naredna faza, gastrulacija, predmet je čuvene dosetke Luisa Volperta: „Najvažnije doba u našem životu nije rođenje, brak ili smrt, već gastrulacija."

Gastrulacija je svojevrstan mikroskopski potres koji drma površinu blastule i potpuno je preobražava. Organizacija tkiva embriona menja se iz temelja. Tokom gastrulacije, uobičajeno je da blastula, šuplja lopta, ulegne, postajući dvoslojna struktura koja zjapi (videti kompjutersku simulaciju na strani 220). Spoljašni sloj ove gastrule naziva se ektoderm, unutrašnji sloj je endoderm, a ćelije u prostoru između ektoderma i endoderma tvore mezoderm. Ti prvobitni slojevi su predodređeni da oforme glavne delove tela. Na primer, spoljni sloj kože i nervni sistem formiraju se od ektoderma, creva i drugi unutrašnji organi nastaju od endoderma, a mišići i kosti su od

mezoderma.

Naredna faza u embrionalnom origamiju je neurulacija. Na slici je prikazan poprečni presek sredine zadnjeg dela embriona vodozemca u fazi neurulacije (to bi mogla biti žaba ili daždevnjak). Crni krug je „notohorda“, šipka koja se formira i čvrsne tokom gastrulacije, a preteča je kičme. Notohorda se sreće samo kod tipa *Chordata* kome pripadaju svi kičmenjaci (premda je mi, kao i većina današnjih kičmenjaka, imamo samo dok smo embrioni). Tokom neurulacije, kao i u gastrulaciji, ima mnogo uvrtanja ka unutra. Pomenuo sam da se nervni sistem formira od ektoderma.



Neurulacija

Sada ću objasniti kako se to dešava. Deo ektoderma se uvrće ka unutra (duž tela nadole, poput rajsfešlusa koji se zakopčava), uvija se u cev koja se otkida duž spoja tako da se na kraju proteže celom dužinom tela između spoljašnjeg sloja i notohorde. Ta cev će postati kičmena moždina, glavno nervno stablo tela. Njen prednji deo će se naduti i postati mozak. A od te prvobitne cevi nastaće svi ostali nervi u narednim ćelijskim deobama.

Ne želim da zalazim u detalje gastrulacije ili neurulacije, ali dodaću da su to predivni procesi i da je origami prilično dobra metafora za njih. Interesuju me opšti principi usložnjavanja embriona u procesu rastućeg origamija. Na narednoj slici dole prikazano je nešto što slojevi ćelija rade tokom razvoja embriona - na primer, prilikom gastrulacije. Očigledne su prednosti ovakve

invaginacije u procesu rastućeg origamija, a ona i igra važnu ulogu u gastrulaciji i u neurulaciji.

Gastrulacija i neurulacija odigravaju se u ranim etapama razvoja i utiču na oblik embriona u celini. Te rane faze embriologije izvode se pomoću invaginacije i drugih zahvata rastućeg origamija, koji se, uz slične trikove, odigravaju i u kasnijim etapama razvoja prilikom formiranja specijalizovanih organa kao što su oči i srce. Međutim, kako nema ruku koje bi savijale tkiva, kojim mehaničkim procesima se ostvaruju te dinamičke kretnje? Delimično se izvode prostom ekspanzijom - to sam već pomenuo. Ćelije se umnožavaju po čitavom sloju tkiva. Njegova površina se zato povećava i, pošto nema kud, nema mnogo izbora do da se savije ili uvrne u sebe. Ali ovaj proces je još bolje kontrolisan, a grupa naučnika s Kalifornijskog univerziteta u Berkliju, na čelu sa izvrsnim matematičarem biologom Džordžom Osterom, otkrila je način na koji se odvija.

MODELOVANJE ĆELIJA PO UZORU NA ČVORKA

Oster i njegove kolege primenili su strategiju korišćenu za prethodno opisanu računarsku simulaciju jata čvoraka. Umesto da programiraju ponašanje čitave blastule, programirali su samo jednu ćeliju. Potom su klonirali tu ćeliju mnogo puta i pratili šta se dešava kad se ti identični ćelijski klonovi okupe u računarskom programu. Umesto da kažem kako su programirali ponašanje ćelije, bilo bi bolje reći da su programirali matematički model jedne ćelije, ugradivši u njega pojednostavljene poznate činjenice o ćeliji. Konkretnije - poznato je da je unutrašnjost ćelija ispunjena ukrštenim mikrovlaknima: nalikuju minijaturnim elastičnim trakama, ali imaju i sposobnost aktivne kontrakcije, poput mišićnih vlakana sa sposobnošću grčenja. Mikrovlakna se i kontrahuju po istom principu kao mišićna vlakna.[46] Osterov model je pojednostavljen - ćelija je svedena na dve dimenzije da bi se iscrtala na ekranu računara, i ima samo šest vlakana strateški raspoređenih po njenoj unutrašnjosti kao što je prikazano na dijagramu ćelije na sledećoj strani. U računarskom modelu, svim

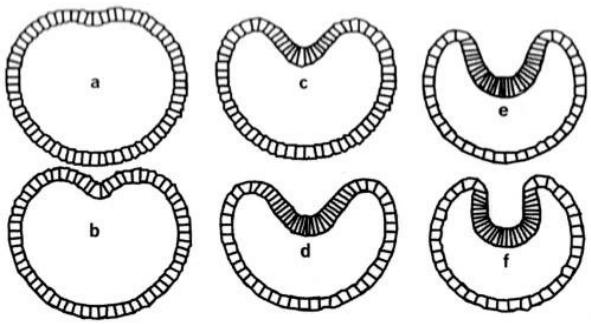
mikrovlaknima dodeljena su određena kvantitativna svojstva čija su imena jasna uglavnom samo fizičarima: „koeficijent viskoznog prigušena" i „konstanta elastičnosti opruge". Ne lupajte glavu oko značenja tih pojmova: to su neke karakteristike opruge koje fizičari vole da mere. Iako je verovatno da veliki broj vlakana u pravoj ćeliji može da se kontrahuje, Oster i njegove kolege pojednostavili su stvari dodelivši tu sposobnost samo jednom od svojih šest vlakana. Da su uspeli da dobiju realne rezultate zanemarivši u modelu pojedina realna svojstva ćelije, može se pretpostaviti da bi rezultati bili barem isto toliko dobri kao da su koristili složen model koji bi zadržao ta svojstva. Umesto da dopuste jedinom kontraktilnom vlaknu u svom modelu da se kontrahuje po volji, modelu su pridodali svojstvo uobičajeno za određene vrste mišićnih vlakana: kada se istegne preko određene granice, vlakno se kontrahuje i biva mnogo kraće nego što je to normalno u ravnotežnom stanju.

Mikrovlakna u Osterovom modelu ćelije

Dakle, pred nama je model jedne ćelije: prilično je pojednostavljen i sveden je na dvodimenzionalnu shemu sa šest elastičnih opruga od kojih ledna ima specijalno svojstvo da na istezanje spoljnom silom reaguje aktivnom kontrakcijom. To je prva faza procesa modelovanja. U drugoj fazi, Oster i njegove kolege su kloniranjem dobili nekoliko tuceta ćelija modela i uredili ih u krug nalik (dvodimenzionalnoj) blastuli. Posle toga, povlačili su kontraktilno vlakno jedne ćelije da bi provocirali kontrakciju. Ono što se desilo je gotovo nepodnošljivo predivno. Model blastule se preobrazio u gastrulu! Evo šest sličica (na sledećoj strani) koje postupno (od a do f) prikazuju šta se desilo. Talas kontrakcije se proneo oko provocirane ćelije, i lopta od ćelija spontano je ulegla u sebe.

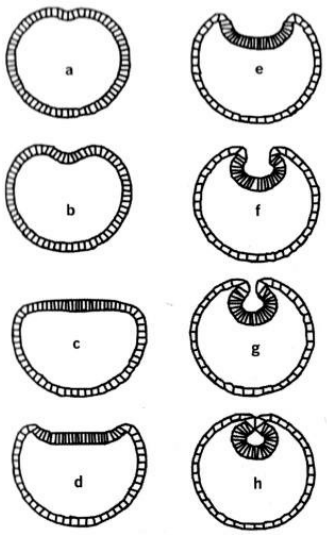
Usledili su još bolji rezultati. Sledeći eksperiment koji su Oster i njegove kolege izvršili nad računarskim modelom, bilo je snižavanje praga započinjanja kontrakcije kontraktilnih vlakana. Talas kontrakcije proneo se

još dalje, otkinuvši uvijeni deo tako da se formirala nervna cev (sličice od a do h na sledećoj strani). Važno je da shvatite šta prikazuje ovakav model. On nije tačna predstava neurulacije. Na stranu činjenica da je dvodimenzionalan i pojednostavljen u mnogim drugim aspektima, lopta od ćelija koje su „neurulisane“ (sličica *a)* nije bila dvoslojna „gastrula“ kao što je trebalo da bude. Bila je početni oblik sličan blastuli kao u gornjem modelu gastrulacije. Nije važno: od modela se i ne očekuje da budu potpuno precizni do svakog detalja. Model ipak prikazuje kako je lako podražavati različite aspekte ponašanja ćelije u ranim etapama razvoja embriona. Činjenica da je dvodimenzionalna „lopta” od ćelija spontano reagovala na nadražaj i pored toga što je model pojednostavljeniji od realnih prilika, dodatno potvrđuje da je ovo moćan dokaz. Uverava nas da evolucija raznih procedura ranih faza embrionalnog razvoja uopšte nije morala biti tako teško ostvariva. Upamtite, jednostavan je model, a ne fenomen koji predstavlja. To je karakteristika dobrog naučnog modela.



Osterov model gastrulacije blastule

Zašto sam vam predstavio Osterov model? Da bih izložio *načelni* princip po kome ćelije mogu da ulaze u reakcije jedna s drugom bez ikakve sheme koja predstavlja telo u celini. Savijanje kao u origamiju, invaginacija u Osterovom stilu i otkidanje cevi: to su tek neki među najjednostavnijim umećima za formiranje embriona. Druge, složenije majstorije, dešavaju se u kasnijim fazama embrionalnog razvoja. Na primer, u dovitljivim eksperimentima pokazano je da nervne ćelije, pošto izrastu iz kičmene moždine ili iz mozga, nalaze put do organa kojima će pripadati ne sledeći nekakav globalni plan, već pomoću hemijskog privlačenja - kao kada pas u teranju njuškanjem unaokolo pronađe kučku.



Formiranje nervne cevi u Osterovom modelu

Rani, klasični eksperiment koji je izveo embriolog Rodžer Speri, nobelovac, savršeno dočarava ovaj princip. Speri i njegove kolege skinuli su četvrtasti delić kože s leđa punoglavca. Potom su s trbuha uklonili parče kože iste veličine. Kvadrate od kože su vratili na telo, ali su im zamenili mesta: kožu sa stomaka umetnuli su na leđa, a parče s leđa stavili na stomak. Kad je punoglavac izrastao u žabu, rezultat je bio baš lep, kakvi često i budu eksperimenti iz embriologije: jedna lepa poštanska marka od bele kože našla se posred tamnih, šarenih leđa, a druga, od tamne, šarene kože, bila je na sredini belog trbuha. Evo i suštine ove priče: zagolicate li žabu po leđima četkom, normalno bi bilo da se počeše po tom mestu nogom, kao da tera dosadnu muvu. Ali kada je Speri zagolicao eksperimentalnu žabu po beloj „poštanskoj markici" na njenim leđima, ona se počešala po stomaku! A kada ju je Speri zagolicao po tamnoj poštanskoj markici na stomaku, počešala je leđa.

Po Sperijevom tumačenju, tokom normalnog embrionalnog razvoja, neki aksoni (duge „žice", cevasti nastavci nervnih ćelija) rastu iz kičmene moždine, njuškajući poput psa, u potrazi za kožom stomaka. Drugi aksoni, koji takođe rastu iz kičmene moždine, njuškaju tražeći kožu leđa. Pod normalnim okolnostima, posledica je ovakvo ponašanje: ako se golicaju leđa, svrbi koža na leđima, a ukoliko se golica stomak, svrbi koža na stomaku. Ali kod Sperijeve eksperimentalne žabe, neke nervne ćelije njuha naoštrenog za kožu stomaka pronašle su poštansku marku od kože stomaka umetnutu na leđima, verovatno zato što je imala odgovarajući miris. I obrnuto. Sperijev rezultat je zasigurno iznenađenje za one koji veruju u teoriju o *tabuli razi* - da se svi rađamo praznog uma koji popunjavamo kroz iskustva. Oni bi očekivali

da će žabe iz iskustva naučiti kako da se, pomoću oseta, snalaze po svojoj koži, povezujući odgovarajuće senzacije s pravim mestima na koži. Umesto toga, izgleda da je svaka nervna ćelija u kičmenoj moždini obeležena - na primer, neke su nervne ćelije za stomak, a druge za leđa - i pre nego što uspostavi kontakt sa odgovarajućim delom kože. Kasnije će pronaći sebi tačku na koži koja joj je suđena, gde god da je. Kad bi muva milela duž njenih leđa, Sperijeva žaba bi verovatno doživela iluziju da je insekt iznenada skočio s leđa na stomak, prošetao malo po njemu, a potom u trenu skočio natrag žabi na leđa.

Ovakvi eksperimenti naveli su Sperija da formuliše hipotezu o hemijskim afinitetima, po kojoj nervni sistem ne ostvaruje veze sa organima po globalnoj shemi, već tako što svaki akson pojedinačno traži organe prema kojima ima poseban hemijski afinitet. Dakle, i u ovom slučaju lokalne jedinice slede lokalna pravila. U načelu, ćelije nose hemijske oznake pomoću kojih nalaze svoje partnere. Vratimo se analogiji sa origamijem kako bismo pronašli još jedan aspekt u kome je koristan princip obeležavanja. Ljudi ne lepe papirne figure origamija, iako bi mogli. A embrionalni origami, tokom kog tela životinja sama sebe spajaju, zaista koristi nešto poput lepka. Tačnije, ekvivalente lepkove, jer ih ima mnogo - tu na scenu pobednički stupa obeležavanje. Na površini ćelija postoji složena paleta adhezionih molekula pomoću kojih se spajaju s drugim ćelijama. Ovo ćelijsko lepljenje ima važnu ulogu u embrionalnom razvoju svih delova tela. Ipak, ti lepkovi se značajno razlikuju od onih koje koristimo u svakodnevnom životu. Nama su svi lepkovi isti. Ruku na srce, neki su jači, pojedini se brže suše, ima ih koji su pogodniji za drvo, dok drugi efikasnije spajaju metal ili plastiku. Ali to je sve što se tiče raznovrsnosti lepkova.

Adhezioni molekuli ćelije mnogo su napredniji od toga. Izbirljiviji, moglo bi se reći. Za razliku od veštačkih lepkova koji će se priljubiti uz gotovo svaku površinu, molekuli za spajanje ćelija vezuju se isključivo za određene adhezione molekule odgovarajućeg tipa. Na primer, za sada je poznato gotovo osamdeset tipova adhezionih molekula klase kadherina u kičmenjaka. Skoro svaki od ovih osamdesetak kadherina vezaće se samo za molekul svoje vrste. Zaboravite lepak na trenutak: možda je bolja analogija s dečjom zabavom na kojoj je svakom detetu dodeljena uloga neke životinje i sva kreću po sobi ispuštajući zvuke poput životinje koju glume. Svako dete zna da je samo još jednom detetu dodeljena uloga iste životinje: svog partnera mora da nađe osluškujući kakofoniju imitacija zvukova životinjske farme.

Tako funkcionišu kadherini. Možda i vi, poput mene, možete barem u grubim crtama da zamislite kako pametno premazivanje strateških tačaka ćelije određenom vrstom kadherina može unaprediti i učiniti složenim principe automontaže embriološkog origamija. Ponavljam da ni ovo ne upućuje na globalan plan, već na skup lokalnih pravila koja se uklapaju poput delića slagalice.

ENZIMI

Pošto smo videli kako slojevi ćelija izvode origami prilikom oblikovanja embriona, zaronimo u unutrašnjost jedne ćelije gde ćemo naići na isti princip samouvijanja i samopreklapanja, ali u mnogo manjoj razmeri - na nivou pojedinačnog molekula proteina. Proteini su neizmerno važni, a to moram detaljnije obrazložiti, počevši od inspirativnog razmatranja koje veliča tu neuporedivu važnost proteina. Volim da razmišljam o tome kako smo skloni da očekujemo bizarno drugačije žive organizme tamo negde u kosmosu, ali život, rekao bih, ima nekoliko univerzalnih karakteristika gde god bio. Ispostaviće se da je sav život evoluirao u procesu skopčanom s Darvinovom prirodnom selekcijom gena. Taj proces će uveliko zavisiti od proteina - ili od molekula sposobnih da se poput proteina uviju u najraznovrsnije oblike. Proteinski molekuli su virtuozi umeća auto-origamija na mnogo manjoj razmeri od one na kojoj su slojevi ćelija s kojima smo se do sada sretali. Molekuli proteina izvanredan su primer za to šta se sve može postići kada se poštuju lokalna pravila na lokalnom nivou.

Proteini su lanci manjih molekula, amino-kiselina. Ti lanci, kao i slojevi ćelija koje smo razmatrali ranije, takođe se uvijaju, na tačno određene načine, ali u mnogo manjoj razmeri. Proteini koji postoje u prirodi (to će verovatno biti drugačije u drugim svetovima) sastoje se od samo dvadeset vrsta amino-kiselina - dakle, svi proteini su lanci ovog dvadesetočlanog društva iz mnogo većeg skupa mogućih amino-kiselina. Razmotrimo sada auto-origami. Molekuli proteina se, sledeći zakone hemije i termodinamike, spontano i automatski uvijaju u precizno određene trodimenzionalne oblike - umalo rekoh čvorove, ali za razliku od slepulja (dozvolite mi da iznesem tu sasvim nebitnu, ali zanimljivu činjenicu), proteini se ne vezuju bukvalno u čvorove. Proteinski lanci uvrtanjem i savijanjem tvore trodimenzionalnu tercijarnu strukturu koju sam ovlaš pomenuo govoreći o automontaži virusa. Svaka sekvenca amino-kiselina ima poseban šablon uvijanja. Sekvenca amino-

kiselina, i sama definisana sekvencom slova u genetičkom kodu, određuje oblik tercijarne sheme.[47] Oblik tercijarne strukture bitno utiče na hemijske procese.

Auto origami proteinskih lanaca (uvrtanje i namotavanje) odigrava se po zakonima hemijskog privlačenja, a ti zakoni određuju ugao pod kojim će se atomi međusobno vezivati. Zamislite ogrlicu načinjenu od magneta neobičnih oblika. To neće biti elegantna lančanica oko gracioznog vrata. Imaće drugačiji oblik - zamrsiće se poput prikazanih proteina pošto se magneti uklope jedan u drugi i umetnu svoje isturene delove u udubljenja drugih magneta na različitim segmentima lanca. Za razliku od proteinskih lanaca, ne možemo unapred znati oblik ove ogrlice, jer će svaki magnet privlačiti sve ostale. Ipak, ovaj primer nagoveštava kako lanci amino-kiselina mogu spontano da formiraju složene strukture nalik čvorovima koje ne moraju biti poput lanca ili ogrlice.

Još se ne zna do detalja kako hemijski zakoni određuju tercijarnu strukturu proteina: hemičari i dalje ne mogu da zaključe kako će se uviti sekvenca amino-kiselina. Ipak, imamo osnova da smatramo kako se tercijarna struktura u *načelu* može predvideti na osnovu sekvence amino-kiselina. Ničeg misterioznog nema u frazi „u *načelu*". Niko ne može predvideti na koju stranu će kockica pasti, ali svi verujemo da to potpuno određuju detalji načina na koji je bačena i dodatni faktori poput otpora vazduha i slično. Pokazano je da se data sekvenca aminokiselina uvek uvrće u određeni oblik ili u neki oblik iz nepromenljivog skupa oblika (videti dužu fusnotu na ovoj i prethodnoj strani). Takođe - ovo je veoma bitno za evoluciju - i sama sekvenca amino-kiselina je potpuno određena sekvencama (tripletima) genetičkih slova zbog primenjivanja pravila genetičkog koda. Iako hemičarima nije lako da predvide kakva će promena nastati u proteinskom obliku usled određene genske mutacije, nastala promena oblika proteina je nadalje predvidljiva pošto se mutacija dogodi. Isti mutirani gen će izvesno dovoditi do tog izmenjenog oblika proteina (ili skupa alternativnih oblika). Prirodnoj selekciji je samo to važno. Ona ne mora da razume zašto određena genska promena povlači za sobom određenu posledicu. Dovoljno je da se to dešava. Ako ta posledica utiče na opstanak, izmenjeni gen će pobediti ili izgubiti u borbi za prevlast u genskom fondu, razumeli mi ili ne kako geni utiču na proteine.

Pošto protein može imati razne oblike, što je određeno genima, zašto je to tako važno? Delom zato što pojedini proteini imaju direktnu ulogu u strukturi

tela. Vlaknasti proteini poput kolagena, spajaju se u čvrste, konopcu nalik strukture - ligamente i tetive. Međutim, proteini većinom nisu vlaknasti nego se savijaju u karakterističan loptasti oblik s delikatnim udubljenjima. Taj oblik određuje ulogu proteina kao *enzima,* odnosno kao *katalizatora.*

Katalizator je hemijska supstanca koja milijardu ili bilion puta ubrzava proces između drugih supstanci; katalizatori se pri tome ne menjaju i posle procesa su spremni za sledeću katalizu. Enzimi, proteinski katalizatori, prvaci su među katalizatorima zbog svoje *specifičnosti:* velike su cepidlake po tome koju hemijsku reakciju ubrzavaju. Mogli bismo to formulisati i na sledeći način: hemijske reakcije u ćelijama vrlo pažljivo biraju enzime koji ih ubrzavaju. Mnoge reakcije u ćelijama su toliko spore da se, bez odgovarajućih enzima, iz praktičnih razloga, uopšte ne odigravaju. Međutim, uz odgovarajući enzim, odvijaju se vrlo efikasno i konačan proizvod se dobija veoma brzo.

Volim to da posmatram na sledeći način. Na policama hemijske laboratorije nalaze se stotine flašica i tegli: u svakoj su različite supstance u čistom obliku - jedinjenja i elementi, rastvori i praškovi. Hemičar koji želi da proizvede određenu hemijsku reakciju, odabraće dve ili tri flašice, iz svake će uzeti uzorak, pomešaće uzorke u epruveti ili u bočici, možda će zagrejati mešavinu i - desiće se reakcija. Druge hemijske reakcije koje bi se mogle odigrati u laboratoriji neće se odigrati, zato što stakleni zidovi flašica i tegli sprečavaju da se sastojci pomešaju. Ako hoćete da izvedete drugu hemijsku reakciju, pomešaćete druge sastojke u drugoj flašici. Svuda su staklene barijere koje razdvajaju čiste supstance i reaktivne mešavine u epruvetama, bočicama ili čašama.

I živa ćelija je jedna velika hemijska laboratorija s približno isto toliko mnogo hemijskih supstanci kao što ih je u pravoj laboratoriji. Ali te supstance ne stoje u zasebnim bočicama i teglama na policama, već su pomešane - kao da je neki vandal, hemijski huligan, upao u laboratoriju, pokupio sve bočice s polica, i ponet anarhističkom razuzdanošću, sasuo sadržinu svih u veliki kotao. Strašno, zar ne? Pa, bilo bi strašno kad bi svi sastojci međusobno reagovali u svim mogućim kombinacijama. Ali ne reaguju. Ili, ako i reaguju, to se odvija tako sporo kao da reakcije nema. *Osim* - i to je poenta - ako je tu određen enzim. Nema potrebe da staklene bočice i tegle razdvajaju supstance, jer reakcije svakako neće ni biti - *osim* ako je tu određen enzim. Kao što biste supstance čuvali u zasebnim zatvorenim bočicama do trenutka kad ushtednete da pomešate dve određene supstance - recimo, supstancu A i B - tako biste

svih tih nekoliko stotina supstanci mogli pomešati u veštičjem kotlu, ali da im, kad hoćete da izazovete reakciju isključivo između supstanci A i B, dodate samo jedan, tačno određeni enzim, katalizator te reakcije. U stvari, metafora sa anarhistom koji proliva laboratorijske bočice je preterana. U ćelijama postoji infrastruktura membrana između i unutar kojih se odvijaju hemijske reakcije. Te membrane ograđuju, slično staklenim zidovima epruveta i flašica.

U ovom delu poglavlja hteo sam da istaknem kako fizički oblik enzima umnogome određuje da li je on „odgovarajući" (to je važno zato što fizički oblik zavisi od gena, a prirodna selekcija na kraju podržava ili guši genske varijacije). Mnoštvo molekula pluta u tečnosti unutar ćelije, vijuga se i kovitla kroz nju. Molekul supstance A bi možda drage volje reagovao s molekulom supstance B, ali samo ako se sudare okrenuti jedan od drugog pod tačno određenim uglom. To se dešava retko - osim ako se ne umeša odgovarajući enzim. Enzim ima tačno određen oblik, izuvijan je poput magnetne lančanice, sa mnoštvom precizno oblikovanih šupljina i udubljenja. Svaki enzim ima aktivni region, a to je obično određeno udubljenje ili džep čiji oblik i hemijska svojstva određuju specifičnost dejstva datog enzima. Rečju „udubljenje" ne opisuje se na pravi način posebnost i preciznost ovog mehanizma. Možda je bolje uporediti ga sa strujnom utičnicom. U sklopu „velike utičničke zavere", kako to naziva moj prijatelj, zoolog Džon Krebs, zemlje širom sveta usvojile su različite proizvoljne standarde za utikače i utičnice, što poprilično ide na živce. Britanski utikači ne mogu da se utaknu u američke ili francuske utičnice i slično. Aktivni regioni na površini proteinskih molekula jesu utičnice u koje mogu da uđu samo određeni molekuli. Ali, dok se velika utičnička zavera svodi na tek nekoliko različitih oblika širom sveta (ali ipak dovoljno da bi se svetski putnici neizmerno nervirali zbog toga), enzime krasi mnogo utičnica.

Zamislite određen enzim, katalizator hemijske reakcije dva molekula, P i Q, čiji rezultat je jedinjenje PQ. Polovina „utičnice" aktivnog regiona oblikovana je tačno tako da se u nju, poput delića slagalice, taman može umetnuti molekul tipa P. Druga polovina te utičnice oblikovana je jednako precizno, tako da u nju staje molekul Q - okrenut pod tačno određenim uglom pod kojim se može hemijski sjediniti s molekulom P. Deleći utičnicu, čvrsto i pod odgovarajućim uglom spojeni provodadžijskim enzimskim molekulom, molekuli P i Q se sjedinjuju. Novonastalo jedinjenje PQ vraća se u tečnost, a aktivno udubljenje u enzimskom molekulu se oslobađa da se u njemu spajaju

drugi P molekuli s drugim Q molekulima. Ćelija može da vrvi od mnoštva identičnih enzimskih molekula, koji svi rade punom parom, poput robota u fabrici automobila, proizvodeći količine PQ na ćelijskom nivou ekvivalentne onima iz masovne proizvodnje u industrijskom postrojenju. Ako u istu ćeliju stavite drugi enzim, dobićete drugačiji proizvod - možda PR, QS ili YZ. Proizvod je različit, iako su sirovine na raspolaganju iste. Drugi tipovi enzima ne učestvuju u stvaranju novih jedinjenja, nego u razgradnji postojećih. Neki pridonose varenju hrane, a koriste se i u proizvodnji „bioloških" deterdženata. Ali, pošto ovo poglavlje govori o formiranju embriona, prevashodno nas zanimaju enzimi za izgradnju, posrednici u sintezi novih hemijskih jedinjenja. Jedan takav proces prikazan je na strani 12 u boji.

Možda ste uvideli u čemu je problem. Lepa je ta priča o oblicima koji se sklapaju poput slagalice i vrlo specifičnim aktivnim regionima koji su u stanju da ubrzaju bilion puta određenu hemijsku reakciju. Ali, ne zvuči li to previše dobro da bi bilo istinito? Kako enzimski molekuli prigodnog oblika, sa odgovarajućim hemijskim svojstvima, evoluiraju od manje savršenih prethodnika? Kolika je verovatnoća da će slučajno formiran oblik utičnice biti odgovarajući i s potrebnim hemijskim svojstvima da bi mogao posredovati u braku dva molekula, P i Q, čiji susret uređuje pod tačno određenim uglom? Ne baš velika, posmatrano u svetlu „dovršene slagalice" ili „velike utičničke zavere". Stoga, morate da sagledavate kroz prizmu postepenog poboljšanja. I u ovom slučaju, pogrešna je pretpostavka koja se često nameće kad se suočimo sa zagonetkom složenosti i malom verovatnoćom nastanka žive materije pomoću evolucije - da je ovaj krajnji, savršeni proizvod pred nama oduvek postojao baš takav. Potpuno uobličeni, veoma razvijeni molekuli enzima mogu bilion puta da ubrzaju reakcije čiji su katalizator zato što su predivno izvajani u odgovarajući oblik. Ali nije potrebno da se reakcija ubrza bilion puta da bi se pridobila naklonost prirodne selekcije. I milion puta je dovoljno! Čak i hiljadu puta. I desetostruko ili duplo brža reakcija biće dovoljna za sticanje prednosti u procesu prirodne selekcije. Dejstvo enzima se usavršava postepeno - od jedva primetnog udubljenja, preko grubo oblikovane šupljine, do detaljno uobličene utičnice pravog oblika i hemijskih svojstava. „Postepeno" znači da je svaki korak, ma kako mali bio, primetan napredak u odnosu na prethodno stanje. A „primetan" prirodnoj selekciji može biti neprimetan za nas.

Eto kako to funkcioniše. Elegantno! Ćelija je hemijska fabrika širokog proizvodnog spektra, sposobna da izbaci ogromne količine raznovrsnih

supstanci, zavisno od postojećeg prisutnog enzima. A *koji* enzim će biti zastupljen? To zavisi od toga koji je gen *aktivan.* Baš kao što je ćelija poput bačve ispunjene mnoštvom hemijskih supstanci od kojih samo mali broj ulazi u međusobne reakcije, tako i ćelijsko jedro sadrži čitav genom, ali samo mali deo njegovih gena je aktivan. Kada je gen aktivan u, recimo, ćeliji pankreasa, sekvenca njegovih kodona direktno određuje sekvencu amino-kiselina u proteinu, sekvenca amino-kiselina definiše (setite se ogrlice od magneta) oblik izuvijanog lanca proteina, a oblik izuvijanog lanca proteina tačno određuje oblik „utičnica" za supstance u ćelijskoj tečnosti. Svaka ćelija, osim malobrojnih izuzetaka kao što su crvena krvna zrnca koja nemaju jedro, sadrži gene za pravljenje svih enzima. Ali u jednoj ćeliji istovremeno je aktivno samo nekoliko gena. Na primer, u ćelijama štitne žlezde aktivni su geni koji prave enzime katalizatore proizvodnje tiroidnog hormona. Isti princip važi za sve druge vrste ćelija. Konačno, hemijske reakcije koje se odvijaju u ćeliji određuju njen oblik i ponašanje, kao i način na koji ćelija učestvuje u interakcijama u origami stilu s drugim ćelijama. Dakle, geni, u komplikovanom sledu događaja, kontrolišu celokupan tok embrionalnog razvoja. Geni određuju sekvence amino-kiselina, koje definišu tercijarne strukture proteina, a od tih struktura zavisi oblik aktivnih regiona sličnih utičnicama - ti aktivni regioni određuju hemijska svojstva ćelije koja uzrokuju da se ćelija tokom embrionalnog razvoja ponaša kao čvorak u jatu. Znači, na proizvodnom kraju kompleksnog sleda događaja, razlike u genima mogu da izazovu razlike u razvoju embriona, time i razlike u izgledu i ponašanju odraslih jedinki. Uspeh tih odraslih jedinki na planu opstanka i razmnožavanja utiče na opstanak u genskom fondu gena koji su zaslužni za uspeh ili neuspeh tih jedinki. To je prirodna selekcija.

Embriologija se čini komplikovanom - i jeste takva - ali suštinu je lako razumeti: sve vreme, reč je o lokalnim procesima automontaže.

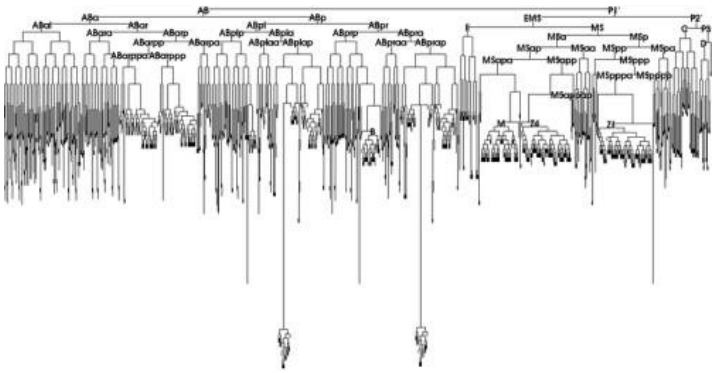
Pošto (gotovo) sve ćelije sadrže sve gene, nameće se posebno pitanje: šta određuje koji će geni biti aktivni u različitim vrstama ćelija. Ukratko ću o tome.

CRVI ĆE, ONDA, OKUSITI[48]

Hemijsko okruženje ćelije - često preko niza drugih gena koje nazivamo kontrolnim ili genima prekidačima - presuđuje da li će izvestan gen u nekom trenutku biti aktivan u određenoj ćeliji. Ćelije štitne žlezde prilično se

razlikuju od ćelija mišića ili drugih tkiva i organa, iako su im geni isti. Možda ćete reći kako tu nema ničeg spornog, jer kad embrion krene da se razvija, tkiva su već diferencirana u tiroidno, mišićno itd. Ali, svaki embrion počinje razvoj kao samo jedna ćelija. Ćelije štitne žlezde, mišića, kostiju, pankreasa i kože - sve potiču od jedne oplođene jajne ćelije od koje se grana čitavo porodično stablo ćelija. Istorija ćelijskog porodičnog stabla ne seže dalje od trenutka začeća - i nema nikakve veze sa evolucionim stablom čiji su koreni u prošlosti milionima godina, često pominjanom u drugim poglavljima. Pogledajte, na primer, čitavo porodično stablo od 558 ćelija larve valjkastog crva *Caenorhabditis elegansa* koja se tek izlegla (zamolio bih vas da dobro proučite svaki detalj dijagrama).

Uzgred, ne znam tačno čime je ovaj sićušni crv zaslužio da mu se vrsta zove *elegans,* ali pada mi na pamet uverljivo objašnjenje za to kako je naknadno opravdao takvo ime. Znam da moje digresije ne vole svi čitaoci, ali rezultati istraživanja nad *Caenorhabditis elegansom* predstavljaju tako fantastičan trijumf nauke da me nećete sprečiti da ih izložim.



Izvanredan južnoafrički biolog Sidni Brener je, šezdesetih godina 20. veka, odabrao *Caenorhabditis elegans* za idealnu eksperimentalnu životinju. Malo pre toga je, zajedno s Fransisom Krikom i drugim naučnicima na Kembridžu, dešifrovao genetički kod, te je tragao za novim krupnim problemom koji bi mogao da reši. Njegov briljantan izbor i pionirska istraživanja genetike i anatomije nervnog sistema ovog crva, zaslužni su za formiranje svetske zajednice istraživača *Caenorhabditisa* koju sada čini više hiljada naučnika. Ne preterujem kada kažem da danas znamo *sve o Caenorhabditis elegansu!* U njegov genom smo upućeni do detalja. Tačno znamo gde se nalazi svaka od 558 ćelija u njegovom telu (u stadijumu larve; odrastao hermafroditski crv ima 959 ćelija, izuzmemo li reproduktivne ćelije), a poznata nam je i celokupna porodična istorija embrionalnog razvoja

svake od tih 558 ćelija ponaosob. Istraživačima nije promakao nijedan mutirani gen koji izaziva abnormalnosti kod crva, znamo tačno i mesto gde se ispoljavaju mutacije u telu, a nemamo nikakvih nepoznanica ni u ćelijskoj istoriji razvoja abnormalnosti. Ova životinjica nam je poznata od početka do kraja, iznutra i spolja, od glave do pete i između, uzduž i popreko i skroz naskroz („O, srećnog li dana!”[49]). Breneru je Nobelova nagrada za fiziologiju dodeljena sa zakašnjenjem, tek 2002. godine, a jedna vrsta crva srodna *Caenorhabditis elegansu* je njemu u čast nazvana *Caenorhabditis brenneri.* Kolumna koju Brener redovno piše u časopisu *Current Biology* pod imenom Ujka Sid, primer je inteligentnog i beskompromisnog naučnog rasuđivanja - elegantnog koliko i istraživanja C. *elegansa* na koja je inspirisao naučnike širom sveta. Ali voleo bih da molekularni biolozi popričaju s nekim zoolozima (na primer, s Brenerom) i da obrate pažnju na to da ne nazivaju samo *Caenorhabditisa* „valjkastim crvom” ili čak samo „crvom”, kao da druge vrste i ne postoje.

Naravno, nećete moći da pročitate nazive tipova ćelija u dnu dijagrama (morao bi se odštampati na sedam strana da bi bio čitak), ali tu piše, recimo, „ždrelo”, „intestinalni mišić”, „telesni mišić”, „mišić stezać”, „prstenasti ganglion”, „lumbalni ganglion”. Svi ovi tipovi ćelija su u srodstvu, jer imaju zajedničko poreklo unutar životnog veka jednog crva. Na primer, izvesna mišićna ćelija zvana MSpappppa rođena je sestra druge mišićne ćelije, sestra je od tetke dve druge mišićne ćelije, tetka još dvema ćelijama telesnog mišića, rođaka u drugom kolenu šest ćelija ždrela, rođaka u trećem kolenu sedamnaest ćelija ždrela... i tako dalje. Nije li opčinjavajuće to što imenovane i definitivno identifikovane ćelije u telu životinje možemo sasvim precizno i nedvosmisleno opisivati izrazima poput „rođaka u drugom kolenu”? Broj ćelijskih generacija od prvobitne jajne ćelije do tkiva nije tako veliki. Na kraju krajeva, u telu ove životinje ima samo 558 ćelija, a od jedne ćelije se za deset generacija deobe teorijski mogu dobiti 1.024 ćelije (2 na deseti stepen). Broj ćelijskih generacija ljudskih ćelija mnogo je veći. Ipak, za svaku od vaših otprilike bilion različitih ćelija (kao za 558 ćelija ženske larve C. *elegansa)* možete da napravite slično porodično stablo preko koga bi se poreklo bilo koje od njih moglo pratiti sve do one prve, oplođene jajne ćelije. Međutim, ćelije sisara nije moguće identifikovati ponaosob, niti ih možemo raspoznati po nadenutom imenu kad god poželimo. Pre se može reći da mi imamo statističke populacije ćelija koje se razlikuju od čoveka do čoveka u detaljima.

Nadam se da nas moja euforična digresija o eleganciji istraživanja *Caenorhabditisa* nije previše udaljila od zapažanja na koje želim da skrenem pažnju: oblici i svojstva tipova ćelija menjaju se u procesu grananja embrionalnog porodičnog stabla. U trenutku grananja na klona kome je suđeno da od njega nastanu ćelije ždrela i „bratskog" klona predodređenog za roditelja ćelija prstenastog gangliona, nešto mora odrediti njihovu različitu sudbinu - kako bi inače znali da treba da aktiviraju različite gene? Odgovor je da su se dve polovine najbližeg zajedničkog pretka ta dva klona već razlikovale pre deobe. Deobom ćelije nastale su dve ćerke ćelije sa identičnim genima (svaka je dobila komplet gena), ali okruženim različitim hemijskim jedinjenjima. To znači da se nisu isti geni aktivirali u njima - zato će ćerke i imati različite sudbine. Isti princip važi tokom celokupnog embrionalnog razvoja, pa i na samom početku. Asimetrična deoba ćelija suština je diferencijacije.[50]

Ser Džon Salston je s kolegama pratio poreklo svake ćelija u telu ovog crva sve do jedne od šest prvobitnih ćelija - mogli bismo ih čak nazvati ćelijama „matrijarsima" - AB, MS, E, D, C i P4.[51] Svakoj ćeliji su dali prikladno ime koje predstavlja rezime njene istorije. Ime počinje imenom one od šest prvobitnih ćelija od koje je data ćelija potekla. Sledi niz slova koja predstavljaju početna slova smera ćelijske deobe iz koje je nastala ćelija: anterior, posterior, dorsal, ventral, left, right.[52] Na primer, Ca i Cp su ćerke ćelije matrijarha C - prva je nastala od njenog anteriornog, a druga od posteriornog dela. Skrećem vam pažnju na to da svaka ćelija može imati najviše dve kćerke (od kojih jedna može da umre). Razmotrimo sada konkretan primer - mišićnu ćeliju Cappppv čije ime govori o njenoj istoriji: C je imala jednu anteriornu ćerku, s posteriornom ćerkom, s takođe posteriornom ćerkom, koja je - opet - imala posteriornu ćerku, sa isto tako posteriornom ćerkom, koja dobi ventralnu ćerku - e to je mišićna ćelija o kojoj govorimo. Svaka ćelija u telu označena je sličnim nizom slova počev od slova koje predstavlja jednu od šest prvobitnih ćelija. Razmotrimo još jedan pri meri ABprpapppap je nervna ćelija smeštena u ventralnom nervnom kanalu koji se proteže duž crva. Nema potrebe za detaljima, dovoljno je da vam ukažem na predivnu suštinu: apsolutno svaka ćelija tela ima ime koje potpuno opisuje istoriju njenog embrionalnog razvoja. Svih deset deoba ćelija u nizu koji je izrodio ABprpapppap (što važi za sve ostale ćelije), bile su asimetrične deobe sposobne da aktiviraju različite gene u dve ćerke ćelije.

Ovakav princip diferencijacije tkiva važi za sve životinje, iako sve njihove ćelije sadrže iste gene. Naravno, većina životinja ima mnogo više ćelija od 558, koliko ih je u *Caenorhabditisu*, i njihov embrionalni razvoj u većini slučajeva nije tako strogo određen. To se, kako ser Džon Salston ljubazno podseća, posebno odnosi na sisare, jer se ćelijska „porodična stabla" sisara razlikuju od jedinke do jedinke - dok su kod *Caenorhabditisa* skoro identična (izuzetak su mutirane jedinke). U svakom slučaju, princip je isti. Ćelije u različitim delovima svake životinje, iako genetički identične, međusobno se razlikuju zbog svojih istorija asimetričnih deoba tokom kratkog perioda embrionalnog razvoja.

Šta je zaključak ovog razmatranja? Nema nikakvog globalnog plana razvoja, sheme, arhitektonskog nacrta, arhitekte. Razvoj embriona, na kraju i odrasle jedinke, ostvaruje se prema lokalnim pravilima ćelije u interakcijama s drugim ćelijama na lokalnom nivou. Slično tome, procesi u ćelijama izvode se po lokalnim pravilima za molekule, posebno za molekule proteina unutar ćelije i u ćelijskoj membrani koji ulaze u reakcije s drugim molekulima proteina. Ponavljam - pravila su lokalna. Niko ne može, na osnovu sekvence slova DNK oplođene jajne ćelije, predvideti u koju će se životinju razviti. To se može saznati samo ako se jaje uzgoji na prirodan način i onda se vidi šta je ispalo. Nijedan računar ne može to predvideti, sem ako nije programiran da simulira prirodni biološki proces - u tom slučaju, mogli bismo izostaviti električnu verziju i koristiti embrion u razvoju kao računar. Ovakva tehnika proizvodnje velike i složene strukture isključivo putem direktnog sprovođenja lokalnih pravila, suštinski se razlikuje od stvaranja na osnovu sheme. Kad bi DNK bila neka linearizovana shema, bilo bi relativno jednostavno programirati računar da pročita slova i nacrta životinju. Međutim, evolucija kojom je nastala životinja ne bi se mogla tako lako odigrati - zapravo, bila bi nemoguća.

Da ne ispadne kako je ovo poglavlje o embrionima puka digresija u knjizi o evoluciji, moram se vratiti iskrenoj dilemi dame koja je pitala Holdejna. S obzirom na to da geni kontrolišu proces embrionalnog razvoja, a ne direktno oblik odrasle jedinke, i prirodna selekcija - poput Boga - ne pravi majušna krilca, već to čini embriologija, kako prirodna selekcija utiče na oblikovanje tela životinja i na njihovo ponašanje? Kako deluje na embrione, odnosno, kako ih menja tako da veštije grade uspešna tela s krilima ili perajima, listovima ili oklopima, žaokama ili pipcima ili nečim drugim neophodnim za preživljavanje?

Prirodna selekcija omogućava da u genskom fondu umesto manje uspešnih gena prežive uspešniji. Pri tome, prirodna selekcija ne bira direktno gene nego njihove zastupnike - pojedinačna tela - i to čini jasno i automatski, bez intervencija sa strane, na osnovu toga da li će preživeti kako bi reprodukovali te gene. Opstanak gena je blisko povezan sa opstankom tela u čijoj izgradnji učestvuju, jer u njima su smešteni i s njima umiru. Svaki gen ima kopije u velikom broju tela - i savremenika i budućih generacija. Dakle, statistički posmatrano, postojaće tendencija da se poveća učestalost u genskom fondu onog gena koji, u proseku, teži da pozitivno utiče na izglede za preživljavanje tela domaćina. Prema tome, u proseku, u genskom fondu nalazimo gene koji su vešti graditelji tela. Procedure po kojima geni grade telo razmotrili smo u ovom poglavlju.

Holdejnovoj sumnjičavoj sagovornici činilo se neverovatnim da prirodna selekcija za milijardu godina, na primer, sastavi genetički recept po kome je i sama napravljena. Smatram da se baš tako zbilo, iako vam ni ja ni bilo ko drugi ne možemo otkriti precizan proces. To je logično zbog činjenice da se ovaj proces u celini odigrao po lokalnim pravilima. U svakom činu prirodne selekcije, izabrana mutacija - u velikom broju ćelija i pojedinaca istovremeno - vrlo *jednostavno* utiče na oblik lanca u koji se proteini spontano uvijaju. To, pomoću katalize, ubrzava - na primer - određenu hemijsku reakciju u svim ćelijama u kojima se gen javlja. Tako se, možda, menja brzina rasta embrionalne preteče vilice. A to utiče na oblik lica - možda se time skraćuje gubica, te se dobija profil više čovekoliki, a manje majmunoliki. Pritisci prirodne selekcije koji daju prednost tom genu ili ga potiskuju, mogu biti mnogo složeniji. Mogli bi da obuhvate i seksualnu selekciju, možda visok estetski standard pri biranju poželjnih seksualnih partnera. Ili bi promena vilice mogla delikatno uticati na sposobnost životinje da krcka orahe zubima ili da se bori s rivalima. Na statistički uspeh ovog gena u rasprostiranju genskim fondom mogla bi uticati izuzetno detaljna kombinacija pritisaka selekcije u zbunjujuće složenom spletu međusobnih sukoba i uklapanja. Ali gen ne zna ništa o tome. On samo - u različitim telima i u generacijama koje se smenjuju - drugačije razmešta pažljivo izvajana udubljenja u molekulima proteina. Nadalje se sve odvija automatski - kroz lokalne, granajuće posledice čiji konačan ishod je celo telo.

Od pritisaka koje vrši prirodna selekcija u ekološkom, socijalnom i seksualnom okruženju životinja, još komplikovanija je fantazmagorična mreža uticaja koji se odvijaju unutar ćelija u razvoju i između njih: utiču geni

na proteine, geni na gene, proteini na ispoljavanje gena, proteini na proteine; membrane, hemijski gradijenti, fizičke i hemijske šine u embrionima, hormoni i drugi posrednici na daljinu, obeležene ćelije tragaju za identično ili komplementarno obeleženim ćelijama. Niko ne poima kompletnu sliku, što nije ni nužno da bi se prihvatila izvanredna uverljivost prirodne selekcije. Prirodna selekcija podstiče opstanak genetičkih mutacija u genskom fondu koje su odgovorne za prelomne promene embriona. Sliku stvaraju stotine hiljada malih, lokalnih interakcija, pri čemu svaku ponaosob načelno može razumeti svako s dovoljno strpljenja da ih prouči (iako bi možda iziskivalo odviše napora ili vremena da se praktično prikažu). Sve ovo može delovati zbunjujuće i tajnovito u praksi, ali principi su sasvim jasni, kako u embriologiji tako i u evolucionoj istoriji tokom koje je uspostavljena dominacija kontrolnih gena u genskom fondu. Usložnjavanje je bilo kumulativno tokom evolucije: svaki korak se za nijansu razlikovao od prethodnog i posledica je malih, suptilnih promena postojećih lokalnih pravila. Kada dovoljan broj malih entiteta ćelija, molekula proteina, membrana na svom nivou poštuje lokalna pravila i utiče na druge, konačan ishod je dramatičan. Ako geni opstaju ili zamiru zavisno od svog uticaja na lokalne entitete i na njihovo ponašanje, prirodna selekcija će neizbežno podsticati širenje uspešnih gena i njihovih uspešnih proizvoda. Dama s početka poglavlja nije bila u pravu. U principu, nije teško napraviti nešto poput nje.

I, kako reče Holdejn, za to treba samo devet meseci.

POGLAVLJE 9

NOJEVA BARKA KONTINENATA

ZAMISLITE svet bez ostrva.

Biolozi često pod rečju ostrvo ne misle samo na komad zemlje okružen vodom. S tačke gledišta slatkovodne ribe, jezero je ostrvo: ostrvo vode pogodne za život okruženo negostoljubivim kopnom. S tačke gledišta alpske bube, koja ne „uspeva" ispod određene nadmorske visine, svi visoki vrhovi su ostrva između kojih su gotovo neprolazne doline. Postoje sićušni valjkasti crvi (u srodstvu sa elegantnim *Caenorhabditisom*) koji žive u lišću (čak po 10.000 crva u jednom jedinom obolelom listu); u njih ulaze kroz stome, mikroskopske rupice kroz koje lišće uzima ugljen-dioksid i ispušta kiseonik. Za jednog valjkastog crva nastanjenog u listu, kao što je *Aphelencoides,* taj sićušni otvor je ostrvo. Vaški bi jedna ljudska glava ili međunožje mogli da budu ostrvo. Sigurno ima mnogo životinja i biljaka kojima je pustinjska oaza ostrvo sveže, zelene sredine pogodne za život, okruženo neprijateljskim peščanim morem. I, kad već nanovo definišemo reči s tačke gledišta životinja, pomenimo i arhipelag, za nas niz ili grupa ostrva; pretpostavljam da bi ga slatkovodna riba mogla definisati kao niz ili grupu jezera, poput jezera duž Velike raselinske doline u Africi. Alpski mrmot mogao bi definisati lanac planinskih vrhova odvojenih dolinama kao arhipelag. Insekt koji živi u lišću, mogao bi drvored smatrati arhipelagom. Štrkalj bi arhipelagom mogao smatrati krdo goveda.

Nakon redefinisanja reči ostrvo (subota je načinjena čoveka radi, a nije čovek radi subote), dopustite da se vratim svom uvodu. Zamislite svet bez ostrva.

Kupio je mapu što predstavlja more,

Bez imalo kopna, bez ijedne luke;
Sretna je posada slavila do zore,
Jer su mapu shvatili bez ikakve muke.

Mi nećemo ići baš tako daleko kao Zvonar[53], ali zamislite da je sve kopno grupisano u jedan veliki kontinent usred nepreglednog mora. Iza obala tog kopna nema ostrva, na kopnu nema jezera niti planinskih venaca: ničega što bi razbilo monotoniju dosledne jednolikosti. Životinja bi u ovom svetu odasvud mogla lako stići bilo gde drugde, ograničena samo razdaljinom, neometana negostoljubivim preprekama. To nije svet pogodan za evoluciju. Život na Zemlji bi bio izuzetno dosadan da nema ostrva, i ovo poglavlje želim da započnem objašnjenjem zašto je tako.

KAKO NASTAJU NOVE VRSTE?

Svaka vrsta je u srodstvu sa svakom drugom. Bilo koje dve vrste potiču od jedne predačke vrste, koja se podelila na dve. Na primer, zajednički predak ljudi i tigrastog papagaja živeo je pre oko 310 miliona godina. Ta predačka vrsta se podelila u dve, a te dve vrste otišle svaka svojim putem. Odabrao sam čoveka i papagaja radi slikovitosti primera, ali ista vrsta predaka je, nakon tog ranog razdvajanja na dve vrste, s jedne strane zajednička svim sisarima, a s druge strane svim reptilima (zoološki gledano, kao što smo videli u poglavlju 6, ptice su reptili). U malo verovatnom slučaju da fosil ove predačke vrste bude nađen, trebalo bi joj nadenuti ime. Hajde da je nazovemo *Protamnio darwinii.* Ne znamo nikakve pojedinosti o njoj, a i detalji su potpuno nevažni za ovu argumentaciju, ali nećemo mnogo pogrešiti ako zamislimo da je taj predak bio kao gmizavac, recimo gušter koji juri naokolo i lovi insekte. A sada pređimo na poentu. Kada se *Protamnio darwinii* podelio na dve podgrupe, obe su mogle izgledati potpuno istovetno i srećno i zadovoljno se međusobno ukrštati; ali jednoj podgrupi je bilo suđeno da iz nje nastanu sisari, a drugoj da iz nje nastanu ptice (i dinosaurusi i zmije i krokodili). Ove dve subpopulacije pravrste *Protamnio darwinii* razilaziće se, tokom vrlo dugog perioda, i to veoma radikalno. Ali ne bi se mogle razići da su se nastavile međusobno ukrštati. Dva genska fonda bi se stalno međusobno preplavljivala genima. Dakle, svaka tendencija razilaženja bi, usled priliva gena druge populacije, bila sasečena u korenu, pre nego što bi se mogla početi ostvarivati.

Niko ne zna šta se zaista desilo pri ovom epskom razilaženju puteva. To je bilo pre jako mnogo vremena i pojma nemamo gde. Ali, moderna teorija evolucije bi s pouzdanjem otprilike ovako rekonstruisala događaj; dve subpopulacije pravrste *Protamnio darwinii* nekako su se razdvojile, najverovatnije zbog geografske barijere poput morskog pojasa koji razdvaja dva ostrva ili ostrvo od matičnog kopna. Možda im se isprečio planinski venac koji razdvaja dve doline ili reka između dve šume; dva „ostrva", u onom opštem smislu u kom sam ih definisao, jedino je važno to da su te dve populacije bile izolovane dovoljno dugo da su, kada su se tokom vremena slučajno ponovo susrele, otkrile da se toliko razlikuju i više se ne mogu međusobno ukrštati. Koliko je to dovoljno dugo? Pa, ako su bile izložene snažnim i oprečnim uticajima prirodnog odabiranja, moglo je proći i samo nekoliko vekova, čak i manje. Primera radi, na ostrvu možda nije bilo proždrljivih predatora koji su lovili populaciju na matičnom kontinentu. Ili je ostrvska populacija sa insekata prešla na vegetarijansku ishranu, poput jadranskih guštera pomenutih u poglavlju 5. Da ponovim, mi ne možemo znati detalje o tome zašto su se razišle subpopulacije *Protamnio darwinii* i nije ni potrebno da ih znamo. Na osnovu dokaza koje pružaju moderne životinje s razlogom mislimo da se u prošlosti odigralo nešto slično ovome što sam upravo ispričao, i to važi za svaku divergenciju među precima bilo koje dve životinje.

Čak i ako su uslovi sa obe strane barijere identični, dva geografski razdvojena genska fonda iste vrste s vremenom će se udaljiti, toliko da i nakon nestanka geografske izolacije više neće moći da se ukrštaju.

Slučajne promene u dva genska fonda postepeno će se povećavati, dotle da će njihovi genomi biti isuviše različiti da bi stvorili plodno potomstvo čak i da se desi da se sretnu mužjak i ženka iz dve subpopulacije. Bilo da je to ishod nakupljenih slučajnih promena ili uz pomoć diferencijalne prirodne selekcije, kada dva genska fonda dostignu tačku u kojoj im više nije potrebna geografska izdvojenost da bi ostali genetički zasebni, nazivamo ih dvema različitim vrstama. U našem hipotetičkom slučaju, možda se ostrvska populacija više promenila od populacije na matičnom kopnu, jer je nisu jurile grabljivice i zbog prelaska na pretežno vegetarijansku ishranu. Zato bi zoolog toga vremena mogao uvideti da je ostrvska populacija postala nova vrsta i nadenuo bi joj novo ime, recimo *Protamnio saurops*, dok bi staro ime, *Protamnio darwinii,* i dalje nosila populacija na matičnom kopnu. U našem hipotetičkom scenariju, možda bi ostrvskoj populaciji bilo suđeno da iznedri

gmizavce *Sauropside* (sve što danas nazivamo gmizavcima, plus ptice), dok bi od kontinentalne populacije na kraju nastali sisari.

Još jednom naglašavam da su *detalji* moje male priče čista fikcija. Jednako se moglo desiti da sisari poteknu od ostrvske populacije. „Ostrvo" je mogla biti oaza okružena pustinjom, a ne zemlja okružena vodom. I, naravno, nemamo apsolutno nikakvu predstavu o tome gde se na planeti Zemlji odigrala ova velika podela - zbilja, mapa sveta je mogla biti toliko drugačija da ovo pitanje jedva da ima ikakvog smisla. Ono što nije fikcija, glavni je nauk priče: većina od miliona evolucionih divergencija (a možda i sve) koje su planetu Zemlju naselile tako raskošnom raznolikošću, započete su tim slučajnim odvajanjem dve subpopulacije jedne vrste - često, iako ne uvek, usled nastanka geografskih prepreka kao što su more, reka, planinski venac ili pustinjska dolina. Biolozi koriste reč specijacija za podelu vrste na dve vrste ćerke. Većina biologa će vam potvrditi da je geografska izolacija normalan uvod u specijaciju, premda će se neki, posebno entomolozi, ograditi i reći da može biti važna i simpatrička specijacija. I za simpatričku specijaciju bitno je da inicijalna, slučajna separacija pokreće proces, ali drugačija od geografske separacije. To može biti lokalna promena mikroklime. Neću zalaziti u detalje, ali reći ću samo to kako izgleda da je simpatrička specijacija posebno važna za insekte. Ipak ću, zarad pojednostavljenja, nadalje u ovom poglavlju pretpostavljati da je inicijalna separacija koja prethodi specijaciji obično geografska. Možda se sećate da sam u poglavlju 2, govoreći o postupanju s domaćim rasama pasa, uporedio rezultate pravila uzgajivača pedigriranih pasa sa stvaranjem virtualnih ostrva.

„MOŽEMO LAKO ZAMISLITI..."

Kako se, dakle, dešava da se dve populacije jedne vrste nađu na suprotnim stranama geografske barijere? Ponekad je sama barijera novonastala. Zemljotres otvori neprolaznu klisuru ili promeni tok reke i vrsta koja je predstavljala jedinstvenu reproduktivnu celinu biva podeljena na dve grupe. Češći je slučaj da barijera postoji oduvek, a životinje je prelaze u retkim i neuobičajenim prilikama. To mora biti retko, inače barijera ne bi ni zaslуživala da je uopšte tako zovemo. Na Angvili, karipskom ostrvu, pre 4. oktobra 1995. nije bilo pripadnika vrste *Iguana iguana.* Tek tog dana se populacija ovih velikih gmizavaca iznenada pojavila na istočnoj strani ostrva. Sasvim slučajno su viđeni kako pristižu, neki duži i od 9 metara, držeći se za

prepletene grane drveća iščupanog iz korena koje je nosila voda. Doplovili su sa susednog ostrva, verovatno s Gvadalupe, udaljenog oko 250 kilometara. Prethodnog meseca tim krajem su besnela dva uragana, Luis 4. i 5. septembra, i Merilin, dve nedelje posle, i lako su mogli iščupati drveće na kom su, po svom običaju, obitavale iguane. Nova populacija je dobro napredovala na Angvili do 1998, a dr Elen Censki, koja ju je od početka proučavala, obaveštava me da do dana današnjeg sjajno napreduju, čak se čini bolje nego druge vrste iguane koje su živele na Angvili pre pridošlica.

Poenta je da ti čudnovati prelasci moraju biti dovoljno česti kako bi bili značajni za specijaciju, ali ne prečesti. Da su uobičajeni - recimo, da iguane svakodnevno plove s Gvadalupe na Angvilu, prvobitno nastala populacija na Angvili bi bila stalno izložena prilivu gena pridošlica i stoga se ne bi ni razlikovala od populacije na Gvadalupi. Usput rečeno, molim vas, ne dopustite da vas moje korišćenje fraze „moraju biti dovoljno česti" navede na pogrešne zaključke. Moglo bi se pogrešno shvatiti kako to znači da su preduzeti nekakvi postupci kojima bi se osiguralo da ostrva budu na tačno određenoj udaljenosti ne bi li se omogućila specijacija! Naravno, time bi se stvari okrenule naopačke. Pre će biti da će se specijacija i desiti gde god ima ostrva (kao i uvek, shvaćenih u širem smislu) odgovarajuće međusobno udaljenih da specijacija bude moguća. A odgovarajuća udaljenost će zavisiti od toga koliko će je životinje koje su u pitanju lako preći. Za bilo kog izdržljivog letača, poput burnice, tih 250 kilometara između Gvadalupe i Angvile bili bi dečja igra. Ali čak i prelazak par stotina metara preko mora može biti dovoljno težak za rađanje nove vrste žaba, recimo, ili beskrilnih insekata.

Galapagoski arhipelag od kontinenta Južne Amerike razdvaja oko 960 kilometara otvorenog mora, što je skoro četvorostruko veća razdaljina od one koju su iguane preplovile do Angvile na iščupanom drveću. Ostrva u tom arhipelagu su sva vulkanska i, po geološkim standardima, mlada. Nijedno od njih nije nikada bilo povezano s bilo kakvim matičnim kontinentom. Celokupna flora i fauna ovih ostrva je morala do njih da doputuje, verovatno s matičnog kopna Južne Amerike. Naravno, male ptice mogu da lete, ali 960 kilometara je dovoljno da zebin prelazak te razdaljine ubrojimo u veoma retke događaje. Međutim, ne tako retke da se uopšte ne bi mogli desiti, pa na Galapagosu ima zeba čiji preci su u nekom trenutku u prošlosti verovatno oduvani do tamo, možda čudovišno snažnom olujom. Sve su to prepoznatljive zebe južnoameričkog tipa, iako takve vrste postoje samo na

Galapagoskim ostrvima. Pogledajmo Darvinovu mapu, koju sam odabrao iz sentimentalnih razloga i zato što je koristio engleske nazive za ostrva koji zvuče tako veličanstveno pomorski, a ne današnja španska imena. Primetićete da razdaljina od oko 100 kilometara, u razmeri, predstavlja otprilike desetinu razdaljine koju bi životinja morala preći da bi s matičnog kopna dospela na arhipelag. Sama ostrva su međusobno udaljena tek nekoliko desetina kilometara, ali od matičnog kopna dele ih stotine kilometara. Kako divan recept za specijaciju. Bilo bi previše jednostavno reći: verovatnoća da slučajno, nošeni snagom vetra ili vode, pređete barijeru mora i stignete do ostrva, obrnuto je proporcionalna širini barijere. Ipak, jasno je da će postojati svojevrsna obrnuta korelacija između razdaljine i verovatnoće da bude pređena. Razlika između nekoliko desetina kilometara prosečne međusobne udaljenosti ostrva i 966 kilometara udaljenosti arhipelaga od matičnog kopna, tako je velika da bi se očekivalo kako je arhipelag pravi rasadnik specijacije. Tako i jeste, i Darvin je to shvatio pre nego što je zauvek napustio ostrvlje.

Darvinova mapa Galapagoskih ostrva sa engleskim nazivima koji se danas retko koriste

Ovaj disparitet - desetine kilometara razdaljine između samih ostrva arhipelaga, s jedne strane, i stotina kilometara udaljenosti celog arhipelaga od kontinenta, s druge strane - navodi evolucionistu da očekuje kako različita ostrva mogu biti dom vrstama koje su prilično nalik jedna drugoj ali se znatnije razlikuju od svojih rođaka na kontinentu. I upravo to i pronalazimo. Sam Darvin je to dobro sročio, neverovatno se približavajući rečniku evolucionizma, čak i pre no što je valjano formulisao svoje ideje. Ključnu

rečenicu sam istakao kurzivom i u različitim kontekstima više puta ću je ponoviti u ovom poglavlju.

> Kada vidimo taj postepeni prelaz i razliku u građi u jednoj maloj, usko povezanoj skupini ptica, možemo lako zamisliti da se, usled prvobitnog siromaštva ptica na tom arhipelagu, jedna vrsta rasprostrla i izmenila na različite načine. Na jednak bismo način mogli zamisliti da je jedna ptica, koja je prvobitno bila mišar, kad se ovamo doselila preuzela ulogu sokola strvinara s američkog kontinenta.[54]

Poslednja rečenica se odnosi na galapagoskog jastreba, *Buteo galapagoensis,* još jednu vrstu koja se može naći samo na Galapagosu, ali koja ima izvesne sličnosti s vrstama s matičnog kopna, posebno s vrstom *Buteo swainsoni.* Ona svake godine migrira između Severne i Južne Amerike i sasvim je moguće da ju je u par čudnovatih navrata s tog pravca letenja skrenuo jak vetar. Danas bi o galapagoskom jastrebu i kormoranu neletaču trebalo govoriti kao o „endemskim“ vrstama na Galapagoskim ostrvima, što znači da ih samo tamo ima. Sam Darvin, koji tada još nije potpuno prihvatio ideju o evoluciji, koristio je sintagmu koja je u to doba bila u opticaju - rodonačelna stvorenja - što je značilo da ih je Bog stvorio tu i nigde drugde. Istu sintagmu je pripisivao džinovskim kornjačama, kojima su tada obilovala sva ostrva ovog arhipelaga, kao i dvema vrstama iguana, galapagoskoj kopnenoj i galapagoskoj morskoj iguani. Morske iguane su zaista izvanredni stvorovi, prilično različiti od svega što se vidi u bilo kom drugom delu sveta. Rone do dna mora i pasu morsku travu - izgleda da im je to jedina hrana. Graciozni su plivači iako, kako to Darvin otvoreno kaže, nisu naročito ugodne oku:

> Oblik mu je veoma ružan, prljave je crne boje, glup je i spor u pokretima. Obična je dužina potpuno izraslog oko jednog metra, ali ih ima i po metar i četvrt dugačkih... Rep mu je postrance spljošten, a na sve četiri noge dolaze delimično plovne kožice... U vodi taj gušter pliva lako i brzo vijugavim pokretom tela i spljoštenog repa - dok su mu noge nepokretne i stisnute uz telo.[55]

Pošto su morske iguane tako dobri plivači, može se pretpostaviti da su one, pre nego kopnene iguane, prevalile taj dugačak put od matičnog kopna do arhipelaga, pa tako omogućile specijaciju i nastanak kopnene iguane. Međutim, to skoro sigurno nije tačno. Galapagoska kopnena iguana ne razlikuje se mnogo od iguana koje još uvek žive na matičnom kopnu, dok su morske iguane jedinstvene za Galapagoski arhipelag. Nijedan gušter sa istim

navikama stečenim tokom života u morskoj sredini, nikada nije pronađen igde u svetu. Danas smo uvereni da je upravo kopnena iguana stigla s južnoameričkog kopna, možda doplutala na drveću kao one savremene iguane koje su s Gvadalupe došle do Angvile. Potom se na Galapagosu desila specijacija u kojoj je nastala morska iguana. I gotovo je sigurno da je baš geografska izolacija, usled razuđenosti arhipelaga, omogućila tu inicijalnu separaciju između predačkih kopnenih iguana i novonastajuće vrste morskih iguana. Verovatno su neke kopnene iguane slučajno, plutajući na deblima, stigle do ostrva gde ih do tada nije bilo, tamo su usvojile životne navike iz priobalne sredine, potpuno neizložene mešanju gena s kopnenim iguanama sa ostrva sa kojeg su prvobitno potekle. Mnogo posle toga proširile su se na druga ostrva pa su konačno došle na ostrvo s koga su inicijalno pristigli njihovi kopneni preci. Ali tada ukrštanje ove dve vrste više nije bilo moguće i genetički nasleđene navike iz priobalne sredine bile su zaštićene od mešanja s genima kopnenih iguana.

Nalazeći primer za primerom, Darvin je primećivao jedno te isto. Životinje i biljke sa svakog galapagoskog ostrva su velikim delom endemske za taj arhipelag („rodonačelna stvorenja”), ali su takođe većinom jedinstvene, i to do detalja, od ostrva do ostrva. U tom pogledu naročito su ga zadivile biljke:

> Tako dolazimo do zaista izvanredne činjenice da je na ostrvu Džejms [Santjago] od trideset i osam galapagoskih biljaka, ili takvih koje se nigde drugde na svetu ne javljaju, trideset njih ograničeno isključivo na to ostrvo; a na ostrvu Albemarl [Izabela] od dvadeset i šest urođenih galapagoskih biljaka, njih dvadeset i dve dolaze samo na tom ostrvu - tj. samo za četiri se do sada zna da dolaze i na drugim ostrvima tog arhipelaga; i tako isto... za biljke s ostrva Četam [San Kristobal] i Čarls [Floreana].

Isto je primetio u vezi s rasprostranjenošću drozdova po ostrvima.

> Prvi put sam na to obratio pažnju kad sam upoređivao mnogobrojne uzorke raznopojca, koje smo ustrelili bilo ja, bilo neko drugi od brodske posade, pa sam na svoje najveće začuđenje otkrio da sve jedinke s ostrva Čarls pripadaju jednoj vrsti raznopojca *(Mimus trifasciatus*), sve s ostrva Albemarl drugoj vrsti (*M. parvulus),* a opet sve s ostrva Džejms i Četan (među kojima dolaze kao veza dva druga ostrva) pripadaju trećoj vrsti raznopojca (*M. melanotis).*

Tako i jeste, po celom svetu. Flora i fauna određenog regiona upravo su

ono što bi trebalo da očekujemo ako je, da citiramo Darvinove reči o zebama koje danas nose njegovo ime, „jedna vrsta uzeta i modifikovana za različite svrhe".

Viceguverner Galapagoskih ostrva, gospodin Loson, zaintrigirao je Darvina kad ga je obavestio

> da su kornjače s raznih ostrva različite i da može sigurno navesti s kojeg je ostrva koja donesena. Spočetka se nisam dovoljno osvrtao na tu tvrdnju, pa sam delimično pomešao zbirke sa dva ostrva. Nisam nikad ni sanjao da bi ostrva, udaljena oko pedeset ili šezdeset milja, većina na vidiku jedno drugome, izgrađena od tačno istih stena, smeštena pod potpuno istim podnebljem i dižući se do gotovo iste visine - mogla biti različito nastanjena.

Sve galapagoske džinovske kornjače slične su određenoj vrsti kopnene kornjače s matičnog kontinenta, *Geochelone chilensis,* koja je sitnija od svih njih. U nekom trenutku istorije ostrva duge nekoliko miliona godina, jedna ili par ovih kornjača s matičnog kopna nehotice su dospele u more i doplutale do ostrva. Kako su uspele da prežive taj dug i bez sumnje mukotrpan put? Većina sigurno nije. Ali bila je potrebna samo jedna ženka da seoba uspe. A kornjače su začuđujuće dobro opremljene za preživljavanje na takvom putu.

Stari kitolovci koji su svraćali na Galapagos, odnosili su hiljade džinovskih kornjača kao hranu. Da bi meso bilo sveže, nisu ih ubijali dok ne zatreba, ali nisu ih ni hranili niti im davali vodu dok su čekale na kasapljenje. Prosto su ih držali izvrnute na leđa, ponekad slagali više kornjača jednu na drugu, kako ne bi mogle da odšetaju. Ovu priču ne iznosim da bih vas užasnuo (iako moram reći da mene takva varvarska okrutnost zaista užasava), nego da bih istakao poentu. Kornjače mogu nedeljama da prežive bez hrane i vode za piće, vrlo verovatno dovoljno dugo da nošene Hamboltovom strujom doplutaju od Južne Amerike do Galapagoskog arhipelaga. A kornjače zaista plutaju.

Nakon što su dospele na prvo galapagosko ostrvo i tu se namnožile, kornjače su jednako lako - ponovo slučajno - na isti način mogle preći znatno kraće razdaljine između ostrva samog arhipelaga. I učinile su ono što mnoge životinje rade kada stignu na ostrvo: postale su veće. Tu je na delu davno primećeni fenomen ostrvskog gigantizma (zbunjujuće, ali jednako je dobro poznat i fenomen ostrvskog dvarfizma).[56]

Da su kornjače sledile obrazac Darvinovih čuvenih zeba, na svakom ostrvu bi evoluirale u različitu vrstu. Onda, nakon više takvih slučajnih

prelazaka sa ostrva na ostrvo, više se ne bi mogle međusobno ukrštati (a to je, setimo se, definicija zasebne vrste), i slobodno bi razvijale različit način života, a da ih ne kontaminira priliv gena sa strane.

Moglo bi se reći da su nekompatibilnost navika i sklonosti po pitanju parenja svojevrsna genetička nadoknada za geografsku izolaciju zasebnih ostrva. Iako postoji geografsko preklapanje, zebe su sada izolovane na zasebnim ostrvima koja im pružaju mogućnost da se pare samo unutar zatvorenih populacija. Stoga su moguće i dalje divergencije. Isprva su se na različitim ostrvima razvile velika, srednja i mala zeba. Danas te tri vrste koegzistiraju na većini Galapagoskih ostrva, nikada se međusobno ne ukrštaju, a svaka se specijalizovala za ishranu različitim semenjem.

Slično je i sa kornjačama, koje su na različitim ostrvima razvile osobene oblike oklopa. Vrste na većim ostrvima imaju visok kupolast oklop. One na manjim ostrvima imaju oklop u obliku sedla, s visokim prednjim prorezom za glavu. Čini se da je razlog to što je na velikim ostrvima dovoljno vlažno da uspeva trava, pa ondašnje kornjače pasu. Manja ostrva su previše sušna za travu, pa su se kornjače okrenule bršćenju kaktusa. Visok prorez za glavu na oklopu omogućava im da izviju vrat i dohvate kaktuse koji kao učesnici u evolucionoj trci u naoružanju, rastom premašuju visinu kornjača koje ih brste.

U odnosu na model razvoja zebe, priča o kornjačama ima jednu dodatnu komplikaciju - to što su, za kornjače, vulkani ostrva na ostrvima. Vulkani obezbeđuju sveže, vlažne, zelene oaze na većoj nadmorskoj visini, okružene oblastima okamenjene lave na manjoj nadmorskoj visini koje, za džinovske kornjače što se hrane travom, predstavljaju neprijateljske pustinje. Svako manje ostrvo ima po jedan veliki vulkan i po jednu specifičnu vrstu (ili podvrstu) džinovske kornjače (osim onih par ostrva na kojima ih uopšte nema). Na prostranom ostrvu Izabeli (kod Darvina, Albemarl) ima pet velikih vulkana i na svakom zasebne vrste (ili podvrste) kornjača. Zaista, Izabela je arhipelag u arhipelagu: sistem ostrva na ostrvu. Princip ostrva u doslovnom, geografskom smislu te reči, koji priprema scenu za evoluciju ostrva u metaforičkom, genetičkom smislu vrsta, nigde nije elegantnije demonstriran nego ovde, na ovom arhipelagu Darvinove blažene mladosti.[57]

Šumsko drveće na ostrvu Sveta Jelena

Nema mnogo ostrva izolovanijih od Svete Jelene, koja je u stvari usamljeni vulkan na jugu Atlantika, nekih 1900 kilometara udaljen od afričke obale. Na njemu postoji stotinak endemskih biljaka (mladi Darvin bi ih nazvao rodonačelnim stvorenjima, a u poznijim godinama bi rekao da su tu evoluirale). Među njima ima (ili ih je bilo, pošto su neke vrste sada izumrle) i šumskog drveća iz familije glavočika.

Ono po osobinama podseća na drveće s matičnog afričkog kontinenta, sa kojim pak nije u srodstvu. Biljke s matičnog kontinenta s kojima *jeste* u srodstvu spadaju u trave i male žbunaste biljke. Mora da je par semenki sitnog bilja ili žbunja slučajno prejezdio razdaljinu od gotovo 2000 kilometara od Afrike, nastanio se na Svetoj Jeleni i, pošto niše za šumsko drveće nisu bile popunjene, razvijao se u krupnije primerke s drvenastijim stabljikama sve dok nije postalo pravo drveće. Slične glavočike koje liče na drveće nezavisno su evoluirale i na Galapagoskom arhipelagu. Isti obrazac vidimo na ostrvima širom sveta.

Svako veliko afričko jezero ima jedinstvenu faunu riba, kojom dominira grupa ciklida. Faune ciklida jezera Viktorija, Tanganjika i Malavi, svaku ponaosob, čini dobrih nekoliko stotina vrsta, i potpuno se međusobno razlikuju. Očigledno je da su zasebno evoluirale u ova tri jezera, zbog čega je još fascinantnije to što su u sva tri evoluirale u približno isti broj vrsta. Čini se kao da su u svako jezero nekako dospele jedna ili dve osnivačke vrste, verovatno pre svega iz reka, a potom se u svakom jezeru iznova i iznova odvijala specijacija, i tako su sva tri na kraju naseljena stotinama vrsta koje danas vidimo. Kako su, svake u svome jezeru, te rodonačelne vrste dospele u potrebnu inicijalnu geografsku izolaciju koja omogućava razdvajanje na subpopulacije?

U uvodnom delu o ostrvima, objasnio sam da s tačke gledišta ribe jezero okruženo kopnom predstavlja ostrvo. Malo je manje očigledno, ali čak i ostrvo u uobičajenom smislu - kopno okruženo vodom - ribi može biti „ostrvo”, posebno ako živi samo u plitkim vodama. U moru je to, recimo, riba koralnih grebena koja nikada ne zalazi u dubinu. Za nju je plićak uz

koralno ostrvo samo „ostrvo”, a Veliki koralni greben je arhipelag. Nešto slično može se naći čak i u jezeru. U njemu, posebno ako je veliko, stena koja izranja iz vode može biti „ostrvo” ribi koju način života ograničava na plitku vodu. Gotovo je sigurno da su se bar neke ciklide iz velikih afričkih jezera upravo tako prvi put izolovale. Većina jedinki bila je vezana za plitke vode oko obala ostrva ili u zalivima i rukavcima. Zato su se delimično izolovale od drugih takvih „džepova” plitke vode, međusobno povezanih mestimičnim dubljim prolazima, koji zajedno čine vodeni ekvivalent arhipelaga sličan galapagoskom.

Ima pouzdanih dokaza (na primer, iz uzoraka dobijenih iz sedimentnih nakupina) da se nivo jezera Malavi (koje se zvalo Njasa kada sam ja provodio svoje prve raspuste na njegovim peščanim plažama, s kanticom i lopaticom) tokom vekova dramatično podizao i spuštao, pri čemu je najnižu tačku dostigao u 18. veku - preko 100 metara ispod današnjeg nivoa. Mnoga današnja ostrva u ovom jezeru nisu uvek bila ostrva, već brežuljci na kopnu koje je okruživalo tada manje jezero. Kada se nivo jezera u 19. i 20. veku podigao, brda su postala ostrva, venci brda su postali arhipelazi, a među ciklidama koje žive u plićacima, čiji lokalni naziv je mbuna, započeo je proces specijacije.

„Gotovo svaka stena koja izviruje na površinu i svako ostrvo imaju jedinstvenu faunu mbuna, s bezbroj kombinacija boja i vrsta. Pošto su pre 200-300 godina mnoga ova ostrva i stene bili suvo kopno, u istom periodu nastala je i fauna”.

Ciklidama tako rapidna specijacija izuzetno dobro ide od ruke. Jezera Malavi i Tanganjika su stara, ali jezero Viktorija je veoma mlado. Basen ovog jezera formiran je pre samo 400.000 godina i od tada se nekoliko puta isušivao, poslednji put pre oko 17.000 godina. To bi trebalo da znači kako je celokupna njegova endemska fauna, od oko 450 vrsta ciklida, evoluirala u periodu od nekoliko vekova, a ne u rasponu od više miliona godina za koliko obično nastaju evolucione divergencije tako velikih razmera. Ciklide afričkih jezera više su nego impresivan primer toga šta evolucija može da uradi za vrlo kratko vreme. Maltene se kvalifikuju za upis u poglavlje *Tu, pred našim očima.*

Šumama i prašumama Australije dominira jedan rod drveća, *Eucalyptus,* s preko 700 vrlo raznolikih vrsta. I u ovom slučaju možemo da parafraziramo Darvinovu čuvenu izjavu o zebama: „Gotovo bi se moglo pomisliti da je uzeta jedna vrsta eukaliptusa i modifikovana za različite svrhe”. A može se

povući paralela i s jednim još čuvenijim primerom - australijskom faunom sisara. U Australiji postoje ekološki ekvivalenti vukova, mačaka, zečeva, krtica, rovčica, lavova, letećih veverica i mnogih drugih životinja, a neki su nedavno izumrli, kad su pristigli Aboridžini i počeli da ih istrebljuju. Međutim, svi ti ekološki ekvivalenti su torbari, i prilično se razlikuju od vukova, mačaka, zečeva, krtica, rovčica, lavova i letećih veverica kojih ima u ostatku sveta, tj. od placentalnih sisara. Svi ti australijski ekvivalenti vode poreklo od samo nekoliko predačkih vrsta torbara, možda čak i od jedne, „uzete i modifikovane za različite svrhe". Ta divna torbarska fauna izrodila je i stvorenja kojima je teško naći pandane van Australije. Brojne vrste kengura većinom popunjavaju niše životinja sličnih antilopama (ili, u slučaju kengura koji žive na drveću, niše sisara tipa majmuna ili lemura), ali ne galopiraju nego skaču. U kengure, pripadnike roda torbara, spadaju brojne vrste, od velikog crvenog kengura (čak i neke još krupnije koje su izumrle, uključujući i strašne kengure mesoždere), do malih valabija i kengura koji žive na drveću. Postojali su i džinovski torbari veličine nosoroga, diprotodonti, rođaci savremenih vombata, ali dugi preko dva i po metra, visoki metar i osamdeset do hrbata i teški dve tone. Na australijske torbare ću se još vratiti u sledećem poglavlju.

Gotovo je smešno i napominjati, ali moram, zbog više od 40 posto Amerikanaca koji Bibliju prihvataju bukvalno (nad čim sam već jadikovao u prvom poglavlju): zamislite kakva bi trebalo da bude geografska rasprostranjenost životinja da su se sve razišle po svetu iz Nojeve barke. Zar se u tom slučaju ne bi raznolikost vrsta smanjivala po nekoj zakonitosti što se više udaljujemo od epicentra - što bi možda mogla biti planina Ararat? Nema potrebe isticati - ne vidimo takvu zakonitost.

Zašto bi svi ti torbari - od sićušnih torbarskih miševa do džinovskih kengura i diprotodonata, koala i kengura iz familije *Peramelidae* - zašto bi svi ti torbari, a baš nijedan placentalni sisar, masovno migrirali od planine Ararat do Australije? Kojim putem su išli? I zašto ni jedan jedini član tog lutajućeg karavana nije zastao na putu i tu se nastanio - možda u Indiji ili Kini ili nekom skrovištu na dugačkom putu svile? Zašto je celokupan red *Edentata* (svih dvadeset vrsta armadila, uključujući i izumrlog džinovskog armadila, svih šest vrsta lenjivca, uključujući izumrlog džinovskog, i sve četiri vrste mravojeda) odmarširao pravac u Južnu Ameriku, ne ostavljajući usput za sobom ni traga, nijednu kožu, krzno ni oklop? Zašto im se pridružio i ceo infrared kaviomorfnih glodara, uključujući morske prasiće, agutije,

pake, marae, kapibare i mnoge druge - cela velika grupa glodara karakterističnih za Južnu Ameriku, kojih nema nigde drugde? Zašto je celokupan podred majmuna, *Platyrrhini* (širokonosci), završio u Južnoj Americi i nigde drugde? Zar bar neki od njih nisu mogli da se pridruže ostalim majmunima, podreda *Catarrhini* (uskonosci), u Aziji ili Africi? I zar se baš nijedna vrsta iz podreda *Catarrhini* nije mogla obreti u Novom svetu, zajedno s majmunima podreda *Platyrrhini?* Zašto su svi pingvini krenuli u dug gegajući pohod na jug, na Antarktik, a ni jedan jedini na jednako gostoljubivi Arktik?

Pralemur, opet vrlo moguće jedna jedina vrsta, obreo se na Madagaskaru. Danas tamo živi trideset sedam vrsta lemura (a bilo je još par vrsta koje su izumrle). Po veličini se kreću od pigmejskog mišjeg lemura, sitnijeg od hrčka, do džinovskog lemura, nalik medvedu, koji veličinom nadmašuje gorilu, a izumro je prilično nedavno. I svi su oni, ali do poslednjeg, baš na Madagaskaru. Nigde drugde na svetu nema lemura, a na Madagaskaru pak uopšte nema majmuna. Šta, zaboga, tih 40 posto poricatelja istorije misle, kako se to desilo? Da li je svih trideset sedam i više vrsta lemura kolektivno prodefilovalo niz brodske stepenice Nojeve barke i u vidu prugastog repa (doslovno tako, u slučaju prstenastorepog lemura) odmaglilo na Madagaskar, ne ostavljajući ni jednog jedinog zalutalog člana negde usput, ali baš nigde uzduž i popreko prostrane Afrike?

Ponavljam, žao mi je što iz teške artiljerije gađam krhki, maleni mehur od sapunice, ali moram, pošto više od 40 posto američkog naroda doslovno veruje u priču o Nojevoj barci. Trebalo bi da ih možemo ignorisati pa da se bavimo svojom naukom, ali ne možemo to sebi priuštiti jer oni upravljaju nastavnim odborima, školuju decu kod kuće kako bi ih sprečili da čuju prave naučne predavače, a u tih četrdesetak posto spadaju i mnogi članovi Kongresa Sjedinjenih Država, guverneri pojedinih država, čak i kandidati za predsednike i potpredsednike. Oni imaju novac i moć da grade institucije, univerzitete, čak i muzeje u kojima deca jašu mehaničke modele dinosaurusa u prirodnoj veličini, za koje im je svečano saopšteno da su, u svoje vreme, koegzistirali s ljudima. A, kao što pokazuju nedavne ankete, za njima mnogo ne zaostaju ni Britanci (ili bi bilo bolje reći „ne prednjače“ mnogo), kao ni delovi Evrope i najveći deo islamskog sveta.

Čak i ako ostavimo Ararat po strani, čak i ako ne ismevamo one koji mit o Nojevoj barci shvataju doslovno, slični problemi se odnose na bilo koju teoriju zasebnog nastanka vrsta. Zašto bi svemoćni tvorac odlučio da smesti

svoje brižljivo napravljene vrste na ostrva i kontinente sledeći tačno takav obrazac koji neodoljivo sugeriše da su evoluirale na jednom prostoru i odatle se proširile? Zašto bi lemure smestio na Madagaskar i nigde drugde? Zašto bi *Platyrrhini* majmune stavio samo u Južnu Ameriku, a *Catarrhini* majmune samo u Afriku i Aziju? Zašto na Novom Zelandu, izuzev slepih miševa koji su mogli da dolete, uopšte nema sisara? Zašto životinje na ostrvima u nizu najviše liče na one sa susednih ostrva, i zašto gotovo uvek podsećaju - manje, ali i dalje nepogrešivo - i na životinje s najbližeg kontinenta ili velikog ostrva? Zašto bi tvorac u Australiju stavio samo torbarske sisare, opet uz izuzetak slepih miševa koji su mogli da dolete i onih sisara što su mogli stići u plovilima koja su napravili ljudi? Ako uzmemo u obzir sve kontinente, ostrva, jezera, reke, svaki planinski vrh i dolinu, šumu i pustinju, jedino smisleno objašnjenje rasprostiranja biljaka i životinja opet je ono koje nalazimo u Darvinovom zapažanju o galapagoskim zebama: „Moglo bi se pomisliti da je od prvobitnog malog broja... jedna vrsta uzeta i modifikovana za različite svrhe".

Darvin je bio fasciniran ostrvima i tokom putovanja na *Biglu* nekoliko je prepešačio uzduž i popreko. Čak je došao do iznenađujuće istine o tome kako je nastala jedna brojna vrsta ostrva, ona koje grade životinje zvane korali. Tek kasnije je uvideo da su ostrva i arhipelazi ključni za njegovu teoriju pa je izveo i nekoliko eksperimenata da bi razjasnio sumnje o teoriji geografske izolovanosti kao uvodu u specijaciju (iako nije koristio tu reč). Na primer, dugo je držao semenje u morskoj vodi i pokazao da je pojedino sačuvalo sposobnost klijanja i pošto je ostalo u vodi ono vreme za koje bi moglo doploviti od kontinenata do obližnjih ostrva. S druge strane, otkrio je da jajašca žabe u morskoj vodi odmah uginu i upotrebio to saznanje da objasni jednu značajnu i upadljivu činjenicu o geografskoj rasprostranjenosti žaba:

> Što se tiče odsustva čitavih redova životinja na okeanskim ostrvima, Bori St. Vincent (Bory St. Vincent) je odavno primetio da se vodozemci (žabe, žabe krastače, repati vodozemci) nikad ne nalaze ni na jednom od mnogih ostrva koja su rasejana po velikim okeanima. Ja sam se trudio da proverim to tvrđenje, i našao sam da je ono sasvim tačno. To potpuno odsustvo žaba, žaba krastavica, i repatih vodozemaca na tako mnogim pravim okeanskim ostrvima ne može se objasniti njihovim fizičkim uslovima; zaista, izgleda da su ostrva osobito pogodna za te životinje; jer žabe su bile prenete na Maderu, Azore, i Mauricijus, i toliko su se umnožile da su postale napast. Ali

> pošto te životinje i njihova jaja morska voda ubija odmah, to bi njihovo prenošenje preko mora bilo vrlo teško, i stoga možemo razumeti zašto njih nema na pravim okeanskim ostrvima. Ali zašto one, prema teoriji o posebnom stvaranju, nisu stvorene na tim ostrvima, bilo bi vrlo teško razumeti.

Darvin je vrlo dobro znao koliko je geografska rasprostranjenost vrsta značajna za njegovu teoriju evolucije. Primetio je da bi većinu činjenica bilo moguće objasniti ako pretpostavimo da su životinje i biljke evoluirale. Polazeći od toga, trebalo bi da očekujemo - kao što i nalazimo da jeste - to da savremene životinje obično žive na istom kontinentu na kom nalazimo i fosile njihovih vrlo verovatnih predaka ili životinja u bliskom srodstvu s njihovim precima. Uz to bismo očekivali, što se takođe potvrđuje, da životinje žive na istom kontinentu s vrstama s kojima su veoma slične. Evo šta Darvin kaže o tome, posebno se osvrćući na životinje Južne Amerike koje je tako dobro poznavao:

> Pa ipak, prirodnjaku, kad putuje, na primer sa severa na jug, uvek će pasti u oči način na koji se uzastopne grupe živih biča, specifično različitih, iako blisko srodnih, zamenjuju među sobom. On čuje približno slično cvrkutanje blisko srodnih a ipak različitih ptica, i vidi njihova slično sagrađena ali ne sasvim istovetna gnezda, sa jajima obojenim gotovo na isti način. U ravnicama blizu Magelanovog moreuza živi jedna vrsta *Rhea* (američki noj), a severno od ravnica La Plate žive druge vrste istoga roda; ali nema nijednoga pravoga noja ili emua, koji bi bio sličan onima što žive u Africi i Australiji na istoj geografskoj širini. U tim istim ravnicama La Plate vidimo agutija i viskaha, životinje koje imaju gotovo iste navike kao naši zečevi i kunići,... ali pokazuju jasno američki tip građe. Ako se popnemo na visoke vrhove Kordiljera, nalazimo jednu alpsku vrstu viskahe; ako pogledamo vodu, onda umesto dabra ili bizamskoga pacova, nalazimo *Myopotamusa* i *Hydrockoerusa,* glodare južnoameričkog tipa.

U pitanju su pre svega zdravorazumski zaključci i Darvin je, tako razmišljajući, mogao objasniti neverovatno širok spektar opažanja. Ali, postoje i određene činjenice o geografskoj rasprostranjenosti životinja i biljaka, kao i stena, koje valja drugačije objasniti, a objašnjenje je sve sem zdravorazumsko. Darvina bi, samo da je znao za njega, zaprepastilo i očaralo.

DA LI SE KOPNO POMERALO?

U Darvinovo vreme, svi su mislili da je mapa sveta manje-više nepromenljiva. Neki njegovi savremenici jesu uzimali u obzir mogućnost da su postojali veliki kopneni prelazi, kasnije nestali ispod površine vode, kojima bi se, na primer, mogle objasniti sličnosti flore Južne Amerike i Afrike. Sam Darvin nije bio baš veliki ljubitelj ideje o kopnenim mostovima, ali sigurno bi ga ushitili savremeni dokazi da su se celi kontinenti pomerali po licu Zemlje. To je najbolje objašnjenje nekih značajnih činjenica o rasprostranjenosti životinja i biljaka, a posebno fosila. Na primer, postoje sličnosti između fosila nađenih u Južnoj Americi, Africi, na Antarktiku, Madagaskaru, u Indiji i Australiji, koje danas objašnjavamo pozivajući se na prostranstvo negdašnjeg južnog kontinenta Gondvana, koji je objedinjavao sve te današnje kontinente i ostrva. Još jednom, naš detektiv koji sa zakašnjenjem stiže na lice mesta primoran je da zaključi kako je evolucija činjenica.

Prvi pobornik teorije pomeranja kontinenata, kako su je nazivali, bio je nemački klimatolog Alfred Vegener (1880-1930). On nije bio prvi koji je posmatrajući kartu sveta primetio da oblik kontinenata ili ostrva često odgovara obliku obale preko puta, kao da su te dve kopnene mase deo iste slagalice, makar suprotna obala bila i veoma daleko. Ne govorim o malim lokalnim primerima, kao što je ostrvo Vajt, čija obala savršeno prati liniju obale Hempšira, gotovo kao da između i nema kanala Solent. Vegener i njegovi prethodnici primetili su da je izgleda sličan slučaj s celom dužinom naspramnih obala džinovskih kontinenata Afrike i Amerike. Brazilska obala izgleda kao savršeno skrojena da se uklopi sa isturenom zapadnom Afrikom, dok se ispupčeni severni deo Afrike lepo uklapa sa severnoameričkom obalom od Floride do Kanade. Ne samo da se približno uklapaju oblikom: Vegener je ukazao i na poklapanje geoloških formacija duž istočne obale Južne Amerike i naspramnih delova zapadne obale Afrike. Nešto manje očigledno, i zapadna obala Madagaskara prilično se dobro uklapa u istočnu obalu Afrike (ne u deo južnoafričke obale naspram kog danas stoji, nego više severno, u obalu Tanzanije i Kenije), dok je duga i ravna linija istočne strane Madagaskara uporediva s ravnom obalom zapadne Indije. Vegener je takođe istakao da su drevni fosili nađeni u Africi i Južnoj Americi sličniji nego što bi se očekivalo da je karta sveta oduvek ovakva kakva je danas. Kako je to moguće, s obzirom na prostranstvo Južnog Atlantika? Da li su ova dva

kontinenta nekada bila bliža, ili čak spojena? Bila je to primamljiva ideja, ali ispred svog vremena. Vegener je primetio i sličnosti fosila s Madagaskara i onih iz Indije. A slična indikativna srodnost postoji i između fosila iz severnog dela Severne Amerike i onih iz Evrope.

Takva zapažanja su navela Vegenera da postavi smelu i jeretičku hipotezu o pomeranju kontinenata. Pretpostavio je da su svi veliki kontinenti današnjeg sveta nekada činili divovski superkontinent, koji je nazvao Pangea. Po Vegeneru, tokom užasno dugog perioda smena geoloških doba, Pangea se postepeno rasparčavala na kontinente koje danas znamo, a oni su se potom polagano pomerali i zauzeli svoja današnja mesta, pri čemu pomeranje još uvek traje.

Možemo maltene da čujemo kako se Vegenerovi skeptični savremenici pitaju na čemu li je to Vegener bio, da se poslužimo savremenim uličnim žargonom. Međutim, danas znamo da je bio u pravu. Ili skoro u pravu. Koliko god bio dalekovid i maštovit, moram da razjasnim zašto se njegova hipoteza o pomeranju kontinenata značajno razlikuje od naše savremene teorije tektonike ploča. Vegener je mislio da su kontinenti plovili okeanima poput džinovskih brodova, ne baš plutali vodom kao šuplje ostrvo Popsipetl doktora Dulitla, nego jezdili po polutečnom omotaču planete Zemlje. Sasvim razumljivo, drugi naučnici su podigli odbrambenu tvrđavu od svog skepticizma. Kakva titanska sila bi mogla hiljadama kilometara pokretati objekat veličine Južne Amerike ili Afrike? Prvo ću objasniti po čemu se savremena teorija tektonike ploča razlikuje od Vegenerove teorije, a onda ću preći na dokaze koji potkrepljuju tu savremenu teoriju.

Crtež nadahnut Vegenerovom teorijom o pomeranju kontinenata

Po teoriji tektonike ploča, cela površina Zemlje, uključujući i okeanska dna, sastoji se od stenovitih ploča koje se preklapaju, poput pločica na oklopu. Naši kontinenti su zadebljanja stenovitih ploča koja se izdižu iznad nivoa mora. Veći deo svake ploče je ispod površine mora. Za razliku od Vegenerovih kontinenata, ploče ne plove morem, niti se probijaju kroz Zemljinu koru, već one same *jesu* površina planete Zemlje. Ne zamišljajte kontinente poput Vegenera: kao spojene ili rasparčane delove slagalice - oni to nisu. Zamislite ploču čiji rub stalno raste i menja se u neverovatnom procesu širenja morskog dna koji ću uskoro objasniti. Drugi rubovi ploče mogu da se podvuku ispod susedne ploče ili susedne ploče mogu da klize jedna uz drugu. Slika na strani u boji 17 pokazuje rased San Andreas u Kaliforniji, gde se susreću i tesno mimoilaze rubovi pacifičke i severnoameričke ploče. Kad se kombinuju dejstva širenja morskog dna i subdukcije (podvlačenja) između ploča nema pukotina. Cela površina planete je prekrivena pločama, koje uglavnom s jedne strane nestaju jer se podvlače ispod susednih ploča, s druge strane ostaju iznad susednih koje se podvlače pod njih ili pak klize jedna do druge, dok na nekoj drugoj strani izrastaju iz zone širenja morskog dna.

Nadahnjujuće je zamišljati ogromnu rasednu dolinu koja je nekada davno morala ocrtati svoj vijugavi put kroz kontinent Gondvana između buduće Afrike i buduće Južne Amerike. Bez sumnje je isprva bila išarana jezerima, poput današnje Raselinske doline u istočnoj Africi. Kasnije, kada se u agoniji tektonskih kretanja Južna Amerika odvojila, ispunila ju je morska voda. Zamislite prizor koji se pružao pred snažnim dinosauruskim Kortezom,

pogleda uperenog ka dugačkim, uzanim moreuzima koji odeljuju polagano odlazeću Zapadnu Gondvanu. Vegener je s pravom tvrdio da komplementarnost oblika koji se uklapaju poput slagalice nije slučajna. Ali pogrešno je smatrao da su se kontinenti kao džinovski splavovi probijali kroz morem ispunjene pukotine između njih. Kopna Južne Amerike i Afrike i njihovi epikontinentalni pojasevi su samo zadebljali delovi dve ploče, čije stenovite površine uglavnom leže pod morem. Te ploče predstavljaju tvrdu litosferu - bukvalno kamenitu sferu - koja pluta po vreloj, polu-fluidnoj astenosferi - sferi slabosti. Astenosfera je slaba, to jest nije čvrsta i krta poput kamenih ploča litosfere, nego donekle ima osobine tečnosti: nije sasvim tečna, nego meka i podatna masa poput gita ili karamele. Malo je zbunjujuće, ali ova distinkcija između dve koncentrične sfere ne poklapa se u potpunosti s poznatijom podelom na koru i omotač (koja je, umesto na fizičkoj tvrdoći, zasnovana na hemijskom sastavu).

Većinu ploča se sastoji od dve različite vrste litosfernog kamena. Duboka okeanska dna su prekrivena prilično jednoobraznim slojem vrlo gustog vulkanskog stenja, debljine oko 10 kilometara. Taj vulkanski sloj je prekriven površinskim slojem sedimentnih stena i mulja. Kontinent je, da ponovimo, deo ploče vidljiv iznad nivoa mora koji se izdiže na onim mestima gde je ploča zadebljana dodatnim slojevima stena manje gustine. Delovi ploča koji su ispod površine mora se na svojim rubovima stalno iznova stvaraju - to je istočna margina u slučaju južnoameričke ploče, a zapadna u slučaju afričke. Te dve margine tvore srednjeatlantski greben, koji vijuga posred Atlantika, od Islanda (koji je, u stvari, jedini zamašan deo grebena što izviruje na površinu) pa daleko na jug.

Slični podmorski grebeni pomeraju druge ploče u drugim delovima sveta (strane u boji 18 i 19). Ti podmorski grebeni funkcionišu kao izdužene fontane (u ogromnim geološkim rasponima vremena), iz kojih u već pomenutom procesu širenja morskog dna izvire magma. Širenje morskog dna u slučaju srednjeatlantskog grebena gura afričku ploču ka istoku, a južnoameričku ka zapadu. To možemo zamisliti kao dva pisaća stola (s roletnastim poklopcima) koji se udaljavaju u divergentnim pravcima - na osnovu ove slike stiče se predstava kako to izgleda, ali se ne sme zaboraviti da se sve to dešava izuzetno usporeno i u prevelikom vremenskom rasponu da bismo mogli išta opaziti. Odista, poznato je - toliko poznato da je gotovo postalo kliše - poređenje brzine međusobnog udaljavanja Južne Amerike i Afrike s brzinom rasta noktiju. Činjenica da su danas hiljadama kilometara

daleko, dodatni je dokaz ogromne i nebiblijske starosti planete Zemlje, uporediv s dokazima na osnovu radiometrijskog datiranja s kojima smo se susreli u poglavlju 4.

Upotrebio sam formulaciju „čini se da gura" i neophodno je da je što pre razjasnim. Primamljiva je zamisao o onim stolovima čije se roletne odmotavaju i tako od pozadi guraju svaka svoju kontinentalnu ploču. Ali, to nije realno; odnos je potpuno pogrešan. Tektonske ploče su isuviše masivne da bi ih vulkanske sile koje deluju duž grebena gurale od pozadi. I punoglavac bi mogao probati da gura tanker.

Ali, evo šta je ključna razlika. Svuda ispod ploča, po celoj površini astenosfere, zahvaljujući tome što ima osobine nalik tečnosti, protežu se konvekcijske struje. Apsolutno svaki deo astenosfere se polagano i dosledno kreće u određenom pravcu, pa potom kroz dublje slojeve kruži natrag, u suprotnom pravcu. Gornji sloj astenosfere ispod južnoameričke ploče se, na primer, neumoljivo kreće na zapad. Zato jeste nepojmljivo da bi „pisaći sto" imao snagu potrebnu da pogura celu južnoameričku ploču, ali nije ni najmanje nepojmljivo da konvekcijska struja koja se postojano i vrlo polagano kreće uvek u istom pravcu *ispod cele donje površine* ploče može nositi svoj plutajući teret kontinenta. To više nije poređenje s punoglavcima. Tanker nošen Hamboltovom strujom će se, i ako ugasi motore, zaista kretati kuda ga struja nosi.

To je, ukratko, savremena teorija tektonike ploča. Sada moram da se vratim na dokaze da je ova teorija tačna. U stvari, kao što je i normalno za ustanovljene naučne činjenice,[58] postoji mnoštvo dokaza, ali ja ću izneti samo najupečatljivije i najubedljivije. To su dokazi zasnovani na starosti stena, posebno na magnetnim prugama u njima. Gotovo su predobri da bi bili istiniti, prosto su savršena ilustracija mog detektiva koji kasno stiže na mesto zločina, ali ga svi dokazi nepobitno vode do jednog jedinog zaključka. Ovde čak imamo i nešto što vrlo podseća na otiske prstiju: džinovske magnetne otiske u stenama.

Pratićemo našeg metaforičkog detektiva dok putuje po Južnom Atlantiku u specijalnoj podmornici koja podnosi stravičan pritisak velikih morskih dubina. Podmornica poseduje opremu za bušenje, kojom kroz površinske sedimente morskog dna dospeva sve do vulkanskih stena same litosfere i uzimaju uzorci, kao i laboratoriju za radiometrijsko utvrđivanje starosti uzoraka stena (videti poglavlje 4). Detektiv, polazeći iz brazilske luke Masejo podešava kurs plovidbe ka istoku, na 10 stepeni geografske širine južno od

ekvatora. Posle oko 50 kilometara plovidbe kroz plitke vode epikontinentalnog pojasa (koji se za ove svrhe računa kao deo Južne Amerike), poniremo kroz, zonu visokog pritiska i zaranjamo (kako to preskromno zvuči!) u dubine gde jedino povremeno svetle zelenkasta luminiscentna groteskna bića koja nastanjuju ovaj strani nam svet.

Kada na dubini od blizu 6 kilometara (punih 5,48 kilometara) dospemo do dna, bušimo vulkansku litosferu i uzimamo uzorak stene. Podmornička laboratorija za radiometrijsko datiranje stupa na scenu i utvrđuje da uzorak potiče iz vremena rane krede, od pre oko 140 miliona godina. Podmornica nastavlja na istok, duž desete paralele; često i u redovnim intervalima zastajemo da uzmemo uzorke. Pažljivo se određuje starost svakog uzorka i detektiv pomno proučava dobijene podatke tražeći obrazac koji ih povezuje. Ne mora previše da traga. Čak ni dr Votsonu ne bi promaklo. Kako putujemo na istok prostranim ravnicama morskog dna, očigledno je da su stene sve mlađe. Posle 730 kilometara puta, uzorci stena su iz doba kasne krede, stari oko 65 miliona godina, znači iz vremena kada su izumrli poslednji dinosaurusi. Kako se bližimo sredini Atlantika, trend pronalaženja sve mlađih stena se nastavlja i vadimo uzorke iz podnožja džinovskog podvodnog planinskog venca. To je srednjeatlantski greben (strane u boji 18 il9), uz koji naša podmornica sada mora početi da se uspinje. Milimo nagore, i dalje uzimajući uzorke stena, i dalje primećujući da su sve mlađe i mlađe. Kada dospemo do vrhova grebena, stene su tako mlade kao da su sveža lava upravo izbila iz vulkana. Zaista, manje-više to se i desilo. Ostrvo Asension je deo srednjeatlantskog grebena koji je izbio iznad površine mora usled nedavne serije erupcija - pa, nedavne: pre možda šest miliona godina; to je nedavno, po standardnoj starosti uzoraka stena koje smo skupili tokom putovanja podmornicom.

Sada putujemo ka Africi, s druge strane grebena, spuštajući se do dubokih ravnica dna istočnog Atlantika. I dalje uzimamo uzorke stena i - pogađate - kako idemo ka Africi, stene su postojano sve starije. Kao da gledate sliku u ogledalu obrasca koji smo primetili dolazeći do srednjeatlantskog grebena. Detektiv nimalo ne sumnja u objašnjenje te pojave. Kako se morsko dno polazeći od grebena širi, ove dve ploče se udaljavaju. Sve nove stene pridodate dvema pločama koje se razilaze potiču od vulkanske aktivnosti samog grebena, a potom bivaju odnesene, u suprotnim smerovima, na jednoj ili drugoj džinovskoj roletni radnog stola, koje nazivamo afričkom i južnoameričkom pločom. Lažne boje s kolornih ilustracija na stranama 18 i

19. označavaju starost stena i tako ilustruju ovaj proces (crvene su najmlađe). Može se videti kako su obrasci starosti stena s dve strane srednjeatlantskog grebena kao preslikani u ogledalu.

Kako elegantna priča! Ali, postaje još bolja. Posmatrajući rezultate obrade uzoraka stena u podmorničkoj laboratoriji, detektiv primećuje još jednu manje upadljivu pravilnost. Uzorci dobijeni iz duboke litosfere blago su namagnetisani, poput igle kompasa. To je dobro poznat fenomen. Kada se magma stvrdne, na njoj ostaje utisnuto Zemljino magnetno polje, u vidu polarizacije sitnih kristala od kojih se vulkanski kamen sastoji. Kristali se ponašaju kao sićušne igle kompasa zamrznute u položaju i pravcu u kome su bile okrenute u trenutku stvrdnjavanja lave. Ovde bi trebalo reći i to kako je odavno poznato da magnetni pol Zemlje nije fiksan; on se pomera, verovatno usled sporotekućih struja u mešavini tečnog gvožđa i nikla u jezgru planete. Trenutno je severni magnetni pol u blizini ostrva Elsmer u severnoj Kanadi, ali neće tamo trajno ostati. Da bi magnetnim kompasom utvrdili gde je sever, mornari moraju uzeti u obzir i korektivni faktor koji se iz godine u godinu menja u skladu s kretanjem magnetnog polja planete Zemlje.

Dokle god naš detektiv pomno beleži tačan ugao pod kojim su izvađeni uzorci stena, na osnovu „zamrznutog" magnetnog polja u svakom uzorku, može znati tačan položaj magnetnog polja Zemlje u trenutku stvrdnjavanja lave u kamen. A sada konačni dokaz. U nejednakim intervalima od više desetina ili stotina hiljada godina, dešava se da se magnetno polje Zemlje potpuno izokrene, verovatno zbog znatnih promena unutar jezgra sačinjenog od tečnog nikla i gvožđa. Što je ranije bio magnetni sever, sada zauzima poziciju blizu dotadašnjeg južnog pola, a ono što je bio magnetni jug preokreće se na sever. A u stenama, naravno, ostaje otisnuta trenutna pozicija magnetnog severa na dan stvrdnjavanja lave koja izvire na dnu mora. Pošto se polarizacija na svakih nekoliko desetina hiljada godina preokreće, magnetometar može da očita te promene na prugama utisnutim u slojevima stena: naizmenično se u uzorcima stena pojavljuju pruge koje dosledno pokazuju usmerenost magnetnih polja u jednom pravcu, pa potom u sasvim suprotnom pravcu. Naš detektiv ih na mapi označava crnom i belom bojom. I kada razmotri ove pruge koje su kao otisci prstiju, nepogrešivo uočava određen obrazac. Kao što pruge lažnih boja označavaju stene različite starosti, i otisci magnetnih pruga na zapadnoj strani srednjeatlantskog grebena nedvosmisleno predstavljaju odraz u ogledalu pruga na istočnoj strani. Upravo je onakva kakva biste očekivali ako je otisak magnetne

polarizacije utisnut u trenutku stvrdnjavanja lave na grebenu, a potom se polako udaljavao od samog grebena u suprotnim pravcima, tačno određenom, izuzetno malom brzinom. Elementarno, dragi moj Votsone.[59]

Da se vratimo na terminologiju iz poglavlja 1: prelazak s Vegenerove hipoteze o pomeranju kontinenata na modernu teoriju tektonike ploča, školski je primer razrade i kaljenja jedne radne hipoteze u opšteprihvaćen teorum ili činjenicu. Kretanje tektonskih ploča nam je važno za izlaganje u ovom poglavlju, jer da ga nije ne bismo mogli sasvim razumeti rasprostranjenost životinja i biljaka po kontinentima i ostrvima sveta. Govoreći o prvobitnoj geografskoj barijeri koja je razdvojila dve početne vrste, sugerisao sam da je njen uzrok mogao biti zemljotres koji je skrenuo tok reke. Isto tako sam mogao pomenuti i sile tektonskih ploča, koje presecaju kontinent na dva ogromna dela i nose ih u suprotnim pravcima, sa životinjskim i biljnim putnicima na tim Nojevim barkama kontinenata.

Madagaskar i Afrika su nekada bili deo velikog južnog kontinenta Gondvana, kao i Južna Amerika, Antarktik, Indija i Australija. Gondvana je počela da se raščlanjuje - bolno sporo po našim standardima - pre oko 165 miliona godina. Tada su se Madagaskar, Indija, Australija i Antarktik, još uvek objedinjeni kao Istočna Gondvana, odvojili od istočnog dela Afrike. Otprilike u isto vreme, Južna Amerika se odvojila od Zapadne Afrike i krenula drugim pravcem. Sama Istočna Gondvana se razdelila kasnije, a Madagaskar se konačno odvojio od Indije pre oko 90 miliona godina. Svaki fragment stare Gondvane poneo je svoj prtljag životinja i biljaka. Madagaskar je bio prava „Nojeva barka", kao i Indija. Verovatno su, na primer, preci nojeva i slonovskih ptica nastali na Madagaskaru/Indiji dok su još bili nerazdeljeni. Tek kasnije su se razdvojili. Grupa koja je ostala na džinovskom splavu zvanom Madagaskar evoluirala je u vrstu ptica slonova, dok su preci nojeva otplovili na brodu zvanom Indija i potom, nakon što se Indija sjedinila sa Azijom i nastali su Himalaji, stigli na matično kopno Azije, odakle su na kraju pronašli put do afričkog tla, po kome danas prevashodno tabanaju (da, mužjaci zaista topću nogama da bi impresionirali ženke). Ptice slonove, avaj, više ne možemo videti (ili, što je još veća šteta, čuti, jer se od topota njihovih nogu sigurno zemlja tresla). Od ovih madagaskarskih divova, znatno krupnijih od najvećih nojeva, verovatno je potekla priča o legendarnoj ptici rok koja se pojavljuje u Drugom putovanju Sindbada moreplovca. Iako dovoljno velike da ih čovek može jahati, nisu imale krila, pa se Sindbad nije mogao na njima vinuti u visine kao što priča kazuje.[60]

Ne samo što sada solidno utvrđena teorija tektonike ploča objašnjava brojne činjenice o rasprostranjenosti fosila i živih bića, nego pruža i dodatne dokaze o izuzetnoj drevnosti Zemlje. Stoga bi ona trebalo da bude glavni trn u oku kreacionista, ili makar kreacionista koji brane teoriju o mladoj Zemlji. Kako se oni odnose prema teoriji tektonike ploča? Zaista vrlo čudno. Ne poriču kretanje kontinenata, ali misle da se to sve odigralo vrlo brzo i vrlo nedavno, u doba potopa i Nojeve barke.[61] Pošto sa izrazitim zadovoljstvom samo odbace dokaze koji im ne odgovaraju, u slučaju brojnih i raznovrsnih dokaza za činjenicu evolucije, pomislili biste da će se istim trikom poslužiti i kada je reč o dokazima za tektoniku ploča. Ipak, ne: čudnovato, ali oni prihvataju kao činjenicu da je južna Amerika nekada bila spojena sa Afrikom. Izgleda da dokaze za ovu teoriju prihvataju kao ubedljive, iako dokazi za evoluciju mogu biti samo još jači, ali njih pak sa zadovoljstvom poriču. S obzirom na to da im dokazi tako malo znače, čovek se pita zašto ne idu dosledno do kraja i naprosto odbace i celu teoriju tektonike ploča.

Džeri Kojn u knjizi *Zašto je evolucije istinita (Why Evolution is True)* majstorski prikazuje dokaze koji proizlaze iz geografske rasprostranjenosti (kao što bi se i očekivalo od ozbiljnog autora najznačajnije novije knjige o specijaciji). Takođe pogađa pravo u centar kad govori o sklonosti kreacionista da zanemaruju dokaze koji ne idu u prilog stanovištu za koje oni, iz Svetog pisma, *znaju* da mora biti istinito: „Biogeografski dokazi evolucije su danas tako jaki da ne znam ni za jednu kreacionističku knjigu, članak ili predavanje gde pokušavaju da ih pobiju. Kreacionisti se, naprosto, prave da ti dokazi ne postoje". Kreacionisti se ponašaju kao da su jedini dokazi evolucije fosili. Fosilni dokazi zaista jesu veoma jaki. Od Darvinovog vremena je otkriveno tušta i tma fosila i svi oni ili direktno podupiru teoriju evolucije ili su kompatibilni s njom. Još ubedljivije je, kao što sam već podvukao, to što ni jedan jedini fosil ne protivreči teoriji evolucije. Pored svega toga, koliko god da su fosilni dokazi jaki, želim ponovo da istaknem da nisu najjači koje imamo. Čak i da nikada nije pronađen ni jedan jedini fosil, dokazi koje nam pružaju preživele životinje i dalje bi nepokolebljivo navodili na zaključak da je Darvin bio u pravu. Detektiv koji sa zakašnjenjem stiže na mesto zločina može da prikupi ogromnu količinu preživelih tragova koji pružaju čak još nepobitnije dokaze od fosila. U ovom poglavlju smo videli da je rasprostranjenost životinja po ostrvima i kontinentima upravo takva kakvu bismo očekivali ako su sve one u srodstvu, odnosno ako su evoluirale od zajedničkih predaka tokom veoma dugih perioda. U narednom poglavlju

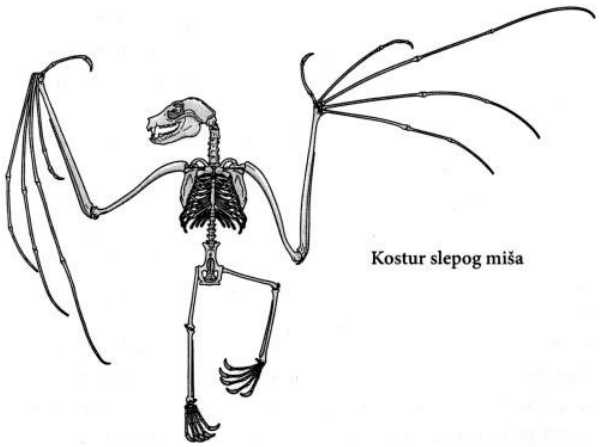
uporedićemo međusobno savremene životinje, razmatrati raspodelu osobina u životinjskom carstvu, naročito kroz poređenje njihovih sekvenci genetičkog koda - i doći do istog zaključka.

POGLAVLJE 10

STABLO SRODSTVA

I KOSTI SE PRIBIRAHU

Kakvo je čudesno delo kostur sisara. Ne mislim pri tom na njegovu lepotu, premda jeste lep. Mislim na činjenicu da uopšte možemo govoriti o „takvom" kosturu sisara - o tome da su toliko impresivno različite te komplikovano prepletene strukture sisara, a istovremeno su tako *iste.* O svom kosturu znamo dovoljno i ne treba nam slika kako bismo se podsetili njegovog izgleda. Ali pogledajte kostur slepog miša. Zar nije divljenja vredno to što svaka kost ima prepoznatljivog parnjaka u ljudskom kosturu? Kažem prepoznatljivog, jer su slične.



Kostur slepog miša

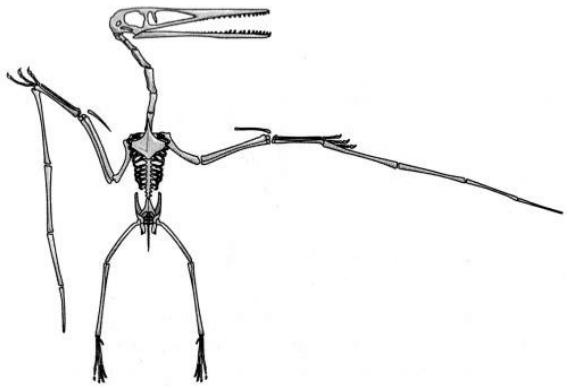
Razlikuju se samo po proporcijama. Šake slepog miša znatno su uvećane (naravno, spram veličine njegovog tela), ali niko ne može prenebregnuti podudaranje između naših prstiju i tih dugih koščica u krilima. Ljudska šaka i šaka slepog miša očigledno su dve verzije iste stvari - niko razuman to ne bi

mogao poreći. *Homologija* je stručan izraz za ovakvu vrstu identičnosti. Krilo kojim slepi miš leti, homologno je našoj šaci kojom hvatamo objekte. Šake zajedničkog pretka - i ostali delovi kostura - izduženi su ili sabijeni, deo po deo, u različitim smerovima i različitom stepenu, duž različitih loza.

Isto važi - mada su i ovde proporcije drukčije - za krilo pterodaktila (iako nije sisar, načelo je isto, a tim pre je i naše divljenje veće). Membranu na krilu pterodaktila uglavnom nosi samo jedan prst, onaj koji nazivamo mali prst. Priznajem da zbog pomenute homologije osećam nelagodu - toliki teret počiva na malom prstu koji je kod čoveka tako slabašan. Nelagoda je, naravno, besmislena jer se pterodaktilov peti prst, sve samo ne mali, prostirao gotovo celom dužinom njegovog tela, i verovatno je bio čvrst i jak isto kao što je nama ruka. Svejedno, to upotpunjuje moju poentu. Peti prst je *modifikovan* kako bi na sebi imao membranu krila. Izmenili su se svi detalji, ali i dalje prepoznajemo peti prst i to zbog njegovog položaja u odnosu na ostale kosti skeleta. Taj dugačak, jak podupirač krila homologan je našem malom prstu. Na jeziku pterodaktila, mali prst se kaže „rumeni veliki podupirač".

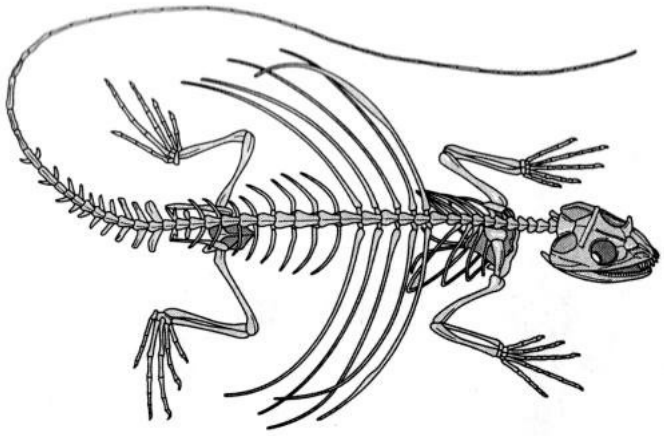
Osim pravih letača - ptica, slepih miševa, pterosaura i insekata - među životinjama ima i mnogo onih koje *jedre:* na osnovu tog svojstva životinja možemo saznati ponešto o nastanku samog letenja. Te životinje imaju membrane za jedrenje (lebdenje u vazduhu), koje mora podupirati skelet; ali ne moraju ih podupirati kosti prstiju kao što je u krilima slepih miševa i pterosaura. Kod letećih veverica (dve nezavisne grupe glodara) i letećih falangera (australijski torbari koji izgledaju gotovo isto kao leteće veverice, ali nisu u bliskom srodstvu s njima), kožna membrana prostire se od ruku do nogu. Pojedinačni prsti nisu uvećani, stoga ni predviđeni da ponesu veliki teret. Zbog slabosti koju u meni pobuđuje pomisao na mali prst, bio bih srećniji kao leteća veverica nego kao pterodaktil, jer mi je prirodnije nositi veliki teret celim udovima.

Kostur pterodaktila



Evo sada kostura letećeg guštera (lat. *draco volans),* još jednog šumskog stanovnika koji jedri. Odmah uočavate da su se njemu modifikovala rebra, a ne prsti, ili ruke i noge, tako da ponesu „krila" - membrane za letenje. I ovde je očigledna sličnost skeleta u celini sa skeletima drugih kičmenjaka. Možete pročešljati svaku kost, jednu po jednu i otkriti odgovarajuću kost u skeletu čoveka, slepog miša ili pterosaura.

Kolugo, ili leteći lemur, koji naseljava šume jugoistočne Azije, podseća na leteće veverice i leteće falangere, samo što membranu koja mu služi za letenje podupiru i rep i udovi. Ne čini mi se da je to dobro, jer ne mogu uopšte zamisliti kako je to imati rep, mada mi, ljudi, kao i svi drugi „bezrepi" čovekoliki majmuni, imamo skriven pod kožom zakržljali rep - trticu (ili repnu kost, lat. *coccyx).* Gotovo bezrepima, nama, čovekolikim majmunima, teško je zamisliti kako je to biti majmun pauk, kome je veći deo kičmenog stuba rep. Sa slike na stranama u boji 23-24 vidite koliko mu je rep duži od ionako dugačkih ruku i nogu. Kao kod mnogih majmuna iz Novog sveta (zapravo, kao kod većine sisara iz Novog sveta, što je zanimljiva činjenica koju teško možemo objasniti), rep majmuna pauka modifikovan je za hvatanje (engl. *prehensile,* od lat. *prehendere),* i gotovo da se razvio u dodatnu ruku, mada nije homologan pravoj ruci i nema prste. Rep majmuna pauka zaista podseća na dodatnu nogu ili ruku.



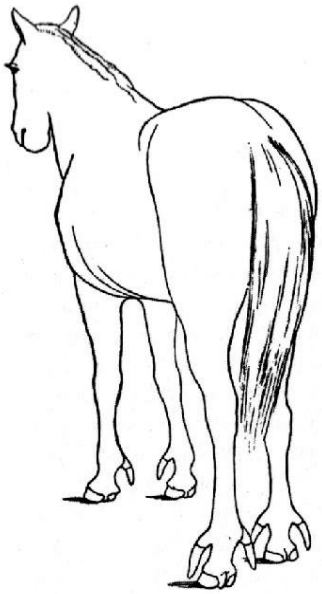
Kostur letećeg guštera

Verovatno ne moram ponavljati središnju misao. Osnovna struktura kostura majmuna pauka ista je kao u repu ma kog drugog sisara, ali je prilagođena za drugačiju namenu. Sam rep nije istovetan: rep pauka majmuna ima dodatne pršljenove, no sami pršljenovi od iste su vrste kao pršljenovi u bilo kom drugom repu, pa i u našem zakržljalom. Možete li zamisliti kako je to biti majmun s pet šaka - po jednom na kraju svakog uda, i s repom - koje vam sve mogu podjednako dobro služiti da se za nešto uhvatite? Ja ne mogu. Ali znam da je rep pauka majmuna homologan mojoj trtici, isto kao što je golemo dugačka i jaka kost u krilu pterodaktila homologna mom malom prstu.

Evo još jedne neobične činjenice. Konjsko kopito homologno je noktu na vašem srednjem prstu na ruci ili nozi. Konji doslovno hodaju na vrhovima prstiju, što nije isto kao kad mi to činimo. Oni su gotovo sasvim izgubili prste. Homologni delovi našeg kažiprsta i srednjeg prsta, te njihovih ekvivalenata na nogama, kod konja su opstali kao sićušne donožne kosti spojene s kosti cevanice i ne vide se ispod kože. Kost cevanice homologna je našoj srednjoj metakarpalnoj kosti šake (ili metatarzalnoj kosti stopala). Konj se svom svojom težinom - koja je znatna u slučaju nekih pasmina kao što su tegljački Shire ili Clydesdale - oslanja na srednje prste prednjih i zadnjih udova. Očigledna je homologija sa, na primer, našim srednjim prstima ili srednjim prstima slepog miša. To niko ne može osporiti. A tu tvrdnju dodatno ističe i činjenica da na svet ponekad dođu konji s neobičnom „falinkom” - s tri prsta na svakoj nozi, gde srednji služi kao normalno „stopalo” dok dva bočna imaju minijaturna kopita (kao na slici).

Vidite li kako je divna ta ideja o gotovo beskonačnim modifikacijama tokom nepojmljivo dugih perioda, pri čemu se na svakom modifikovanom

obliku nepogrešivo uočavaju tragovi prvobitnog oblika? Ushićuju me litopterni, izumrli južnoamerički biljojedi. Oni nisu u bliskom srodstvu ni s jednom vrstom modernih životinja, a bitno su drugačiji od konja - izuzev što imaju gotovo istovetne noge i kopita.



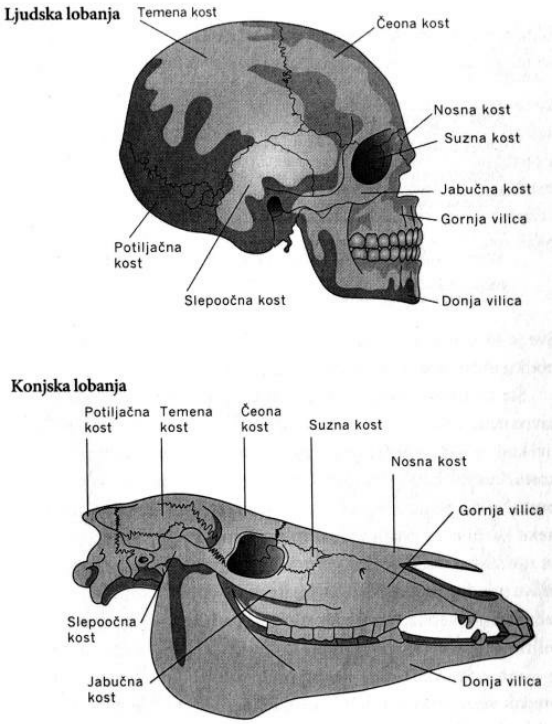
Polidaktilni konj

U međusobno odvojenoj evoluciji, kod konja (u Severnoj Americi[62]) i litopterna (u Južnoj Americi, koja je u ono vreme bila divovsko ostrvo, a Panamski zemljouz nastao je mnogo kasnije) redukovani su svi prsti osim srednjeg, a na njegovom kraju razvilo se identično kopito. Svakako, nema mnogo uslova da sisari biljojedi postanu brzi trkači. Konji i litopterni krenuli su istim putem - sveli su broj prstiju samo na jedan, srednji - što je uslovilo sličnosti u razvoju. Krave i antilope uputile su se u drugom smeru: njima su ostala po dva prsta na svakoj nozi.

Sledeće zapažanje učiniće vam se paradoksalno, ali videćete da je suvislo i vrlo bitno. Kosturi svih sisara su identični, ali pojedinačne kosti nisu iste. Rešenje tog paradoksa leži u mojoj proračunatoj upotrebi reči kostur za *skup* kostiju koje su u određenom poretku povezane jedna s drugom. Tako gledajući, pojedinačne kosti po svom obliku nemaju nikakve veze s kosturom. U ovakvom naročitom tumačenju, za kostur nisu bitni oblici pojedinačnih kostiju već samo redosled po kome su povezane: „svaka kost ka svojoj kosti" po rečima Jezekilja, što je još živopisnije dočarano u pesmi nastaloj na osnovu tih starozavetnih stihova:

Kost tvoga nožnog prsta povezana s kosti tvoga stopala,

Kost tvoga stopala povezana s kosti tvoga članka,
Kost tvoga članka povezana s kosti tvoje potkolenice,
Kost tvoga lista povezana s kosti tvoga kolena,
Kost tvoga kolena povezana s kosti tvoje butine,
Kost tvoje butine povezana s kosti tvoga kuka,
Kost tvoga kuka povezana s kosti tvojih leđa,
Kost tvojih leđa povezana s kosti tvoga ramena,
Kost tvoga ramena povezana s kosti tvoga vrata,
Kost tvoga vrata povezana s kosti glave tvoje,
Čujem reči Gospodnje!



Suština je da se ova pesmica može primeniti na doslovno svakog sisara, zapravo na svakog kopnenog kičmenjaka, i to mnogo podrobnije nego što bi se pretpostavilo po ovim redovima. Na primer, kost vaše glave - lobanja - sastoji se od dvadeset osam kostiju, koje su spojene čvrstim šavovima; pokretna je samo jedna velika kost (donja vilica, lat. *mandibula*[63]). Izuzmemo li tu i tamo poneku kost koja se ne uklapa, najdivnije je to što isti skup od dvadeset osam kostiju, kojima se mogu dati ista imena, nalazimo i kod svih drugih sisara.

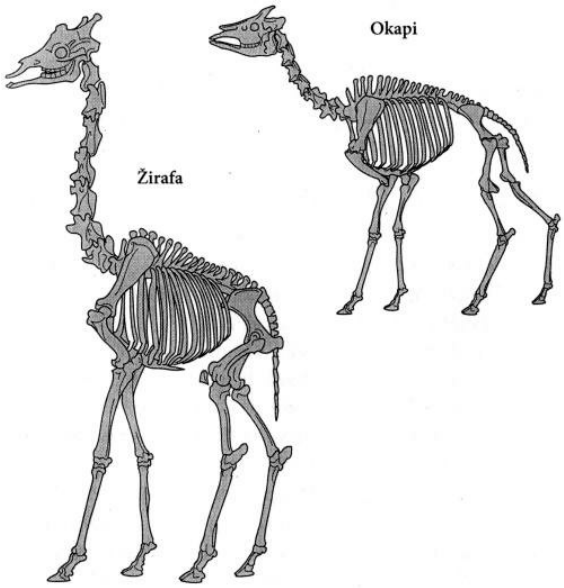
Kost tvoga vrata povezana s tvojom potiljačnom kosti
Tvoja potiljačna kost povezana s tvojom temenom kosti
Tvoja temena kost povezana s tvojom čeonom kosti

Tvoja čeona kost povezana s tvojom nosnom kosti
...
Tvoja dvadeset sedma kost povezana s tvojom dvadeset osmom kosti

Sve je to isto, bez obzira na činjenicu da se određene kosti po svom obliku umnogome razlikuju među sisarima.

Šta na osnovu svega ovoga zaključujemo? Posmatramo oko sebe savremene životinje, pa ne vidimo evoluciju na delu. Mi smo detektivi koji su naknadno stigli na mesto zločina. A obrazac sličnosti među kosturima današnjih životinja bio bi isti kao obrazac za koji bismo pretpostavili da postoji ako su se sve one razvile od zajedničkog pretka, neke kasnije od ostalih. Tokom vremena, kostur pretka postepeno se modifikovao. Pojedini parovi životinja, na primer žirafa i okapi, imaju mladog pretka. Nije sasvim ispravno opisati žirafu kao vertikalno izduženog okapija, jer obe životinje pripadaju novijem dobu. Ipak, ne bismo pogrešili (što potvrđuju i fosilni ostaci, ali o njima ne govorimo u ovom poglavlju) kada bismo pretpostavili da je njihov zajednički predak verovatno bio sličniji okapiju nego žirafi. Slično tome, impali je blizak rođak gnu,[64] a i jedno i drugo su u nešto daljem srodstvu sa žirafom i okapijem. Sve četiri životinje još su dalji srodnici papkara, recimo svinje i bradavičave svinje (koje su u srodstvu međusobno i s pekarijem). Svi papkari su još dalji rođaci konja i zebri (koji nemaju papke i u bliskom su srodstvu). Možemo ovako nastaviti do mile volje, povezujući parove srodnika u grupe i grupe grupa srodnika i (grupe (grupe (grupa srodnika))). Automatski sam se prebacio na zagrade, a znate šta one predstavljaju. Jasno vam je i značenje zagrada u primeru koji sledi, jer već znate sve o rođacima koji imaju iste babu i dedu i daljim rođacima kojima su zajednički prababa i pradeda i tako dalje:

{(vuk lisica)(lav leopard)} {(žirafa okapi) (impala gnu)}



Sve ukazuje na jednostavno razgranato stablo porekla - porodično stablo.

Ranije sam pomenuo da je stablo sličnosti zapravo porodično stablo, ali je li taj zaključak nategnut? Postoji li i drugačije tumačenje? Jedva! Još pre Darvinovog vremena, kreacionisti su uočili hijerarhijski obrazac sličnosti i izveli objašnjenje koje nema dodirnih tačaka sa evolucijom - i sramno je nategnuto. Po njima, kroz obrasce sličnosti ispoljavaju se *teme* koje je osmislio tvorac. On je imao razne ideje o tome kako da stvori životinje. Razmišljao je o temi o sisarima, a nezavisno od toga dumao je i o temi o insektima. U okviru teme o sisarima, tvorac je svoja razmišljanja pedantno i hijerarhijski podelio u podteme (recimo, tema o papkarima), te u pod-podteme (kao što je ona o svinjama). Takvo tumačenje je subjektivno i puno zabluda, a današnji kreacionisti retko se pozivaju na njega. Kao što se vidi iz dokaza o geografskoj rasprostranjenosti, o čemu je bilo reči u prethodnom poglavlju, oni retko uzimaju u obzir komparativne dokaze. Radije se drže fosila, za koje (pogrešno) tvrde da su pogodni za izvođenje zaključaka u njihovu korist.

NEMA POZAJMLJIVANJA

Da bih naglasio koliko je čudna ta ideja da se tvorac striktno drži „tema", podsetiću vas kako je svako razumno ljudsko biće koje nešto stvara vrlo srećno kad može za svoj sledeći pronalazak iskoristiti ideju iz prethodnog. Možda postoji tema o izradi aviona koja se razlikuje od teme o izradi voza. Ali neki deo iz aviona, recimo bolje osmišljeno svetlo za čitanje iznad

sedišta, mogao bi isto tako biti preuzet i iskorišćen u vozovima. Zašto da ne, ako ima istu namenu u oba prevozna sredstva? Prvi automobili nazvani su kočije bez konja, što nam kazuje gde su pronalazači našli inspiraciju. Ali kočijama u koje su upregnuti konji ne upravlja se pomoću volana - konje usmeravate uzdama - pa je ideja za volan morala doći iz drugog izvora. Ne znam odakle je potekla, ali rekao bih da je preuzeta iz sasvim drugačije tehnologije - iz brodarstva. Spočetka, automobilom se upravljalo pomoću rude kormila, takođe pozajmljene od brodova, samo što je stavljena na prednju stranu vozila a ne na zadnju; tek kasnije, rudu kormila je zamenio volan.

Ako se ideja o perju pokazala uspešnom u temi o pticama, pa perje ima svaka ptica, bez izuzetka, bilo da leti ili ne leti, zašto ih nema ni jedan jedini sisar? Budući da je to genijalna zamisao, zašto je tvorac ne bi pozajmio i udelio makar jednom slepom mišu? Odgovor evolucioniste je jasan. Sve ptice su nasledile perje od zajedničkog pretka koji je imao perje. Nijedan sisar ne vodi poreklo od tog pretka. To je više nego očigledno.[65] Stablo sličnosti je porodično stablo. Svaku granu i grančicu na tom stablu vezuje ista priča.

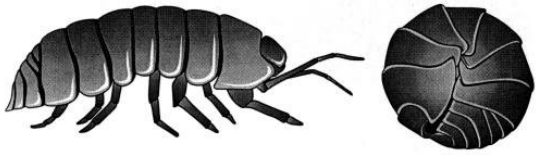
Sada dolazimo do zanimljive činjenice. Pregršt je divnih primera za ideje koje su, naizgled, „pozajmljene" iz jednog dela stabla i prenete na drugi deo, kao što se plemenita sorta jabuke kalemi na divlju. Delfin, koji je mali kit, na prvi pogled podseća na razne vrste velikih riba. Jedna takva riba, dorada *(Coryphcena hippuris)* čak se ponekad i naziva delfin. Dorade i pravi delfini istog su hidrodinamičnog oblika, koji odgovara njihovom sličnom načinu života jer su i jedni i drugi hitri lovci pri površini mora. Ali tehniku plivanja, premda naoko sličnu, dorade nisu pozajmile od delfina niti se desilo obrnuto, što odmah uočavate ako se dobro zagledate. Iako se pripadnici obe vrste brzo kreću pre svega zahvaljujući svom repu, dorada, kao i sve druge ribe, pomiče rep levo-desno. Pravi delfin odaje svoje sisarsko poreklo jer mlati repom gore-dole. Talasasto kretanje sa uvijanjem kičme levo-desno, riblji preci nasledili su od guštera i zmija, za koje se gotovo može reći da plivaju na suvom. Uporedite to s galopom konja ili trkom geparda. Oni razvijaju brzinu tako što savijaju kičmu, isto kao ribe i zmije; ali kičma sisara savija se gore-dole, a ne levo-desno. Zanimljivo je pitanje kako se odigrala ta promena među precima sisara. Možda je postojala prelazna vrsta, s kičmom koja se skoro nije savijala ni u jednom smeru, kao što sada vidimo kod žabe. S druge strane, krokodili mogu da galopiraju (nekad zastrašujuće brzo), ali i da hodaju gušterskim korakom, čemu su reptili skloniji. Preci sisara nisu bili ni

nalik krokodilima, ali krokodili bi nam mogli pokazati kako je prelazni predak možda kombinovao ta dva načina kretanja.

U svakom slučaju, preci kitova i delfina bili su sisari potpuno adaptirani na kopneni život, i svakako su mogli galopirati po prerijama, pustinjama ili tundrama jer su imali savitljivu kičmu koja se povijala u smeru gore-dole. Kada su se vratili u more, zadržali su spinalne pokrete svojih predaka. Ako zmije plivaju na suvom, onda delfini galopiraju morem! Shodno tome, između repnog peraja delfina i doradinog račvastog repa mogli bismo na prvi pogled pronaći sličnosti. Ali delfinovo repno peraje je horizontalno (u odnosu na telo), a krajevi doradinog repa ravnaju se u vertikalnoj ravni. I na svakakve druge načine na delfinima je ispisana njihova istorija, a o tome će biti reči u poglavlju 11*, Istorija ispisana svud po nama.*

Ima i drugih primera velike spoljašnje sličnosti koja je tako uverljiva da nam je vrlo teško odbaciti hipotezu o pozajmljivanju. Podrobnije proučavanje pokazuje da je moramo odbaciti. Životinje mogu izgledati toliko nalik jedne na druge da pomislite kako su sigurno u srodstvu. A kad se zagledate u celo telo, ispostavi se da su od sličnosti, iako upečatljivih, brojnije razlike. Mokrice, poznata stvorenjca s mnogo nogu, obično se štite tako što se uviju u loptice, slično armadilima. Možda su tako i stekle svoje latinsko ime, *Armadillidium.* Tako se zove jedna vrsta mokrica, rakova koji su u srodstvu sa škampima ali žive na kopnu - gde odaju svog najmlađeg morskog pretka, jer dišu na škrge kojima je neophodna vlaga. Ali ovde je poenta to da postoji sasvim drugačija vrsta mokrica koje uopšte nisu rakovi nego stonoge. Kad ih vidite onako uvijene, pomislite da su identične. Ipak, jedna je modifikovana mokrica, dok je druga modifikovana (u istom smeru) stonoga. Ako ih odvijete i pažljivo pregledate, odmah čete primetiti makar jednu bitnu razliku. Mokrica stonoga ima dva para nogu na većini segmenata, dok mokrica rak ima samo po jedan par. Nisu li divne sve te beskrajne modifikacije? Ako ispitate još pažljivije, otkrićete da je mokrica stonoga po stotinu oblika sličnija običnoj stonozi. Sličnost s pravom mokricom je samo površna - konvergentna.

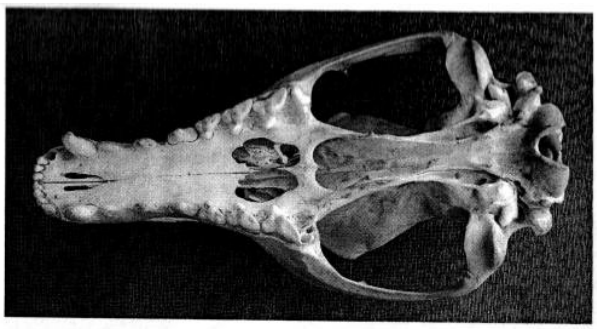
Mokrica stonoga



Mokrica rak

Gotovo svaki zoolog koji nije stručnjak, rekao bi da je lobanja na sledećoj strani pseća. Stručnjak bi otkrio da pred sobom nema pseću lobanju jer ne bi propustio da uoči dve rupe na nepcu. To su sigurni pokazatelji da je lobanja životinje iz roda torbara, velike grupe sisara kojih danas najviše ima u Australiji. Na slici je lobanja tasmanijskog tigra (lat. *Thylacinus).* Lobanje tasmanijskog tigra i pravog psa (na primer, dinga, koji im je bio takmac u Australiji i na Tasmaniji) postale su vrlo slične jer im je sličan i način života (nažalost, bio je, pošto je tasmanijski tigar izumro).

Pomenuo sam ranije, u poglavlju o geografskoj rasprostranjenosti životinja, fantastične sisare torbare iz Australije. Ključna tačka ovog poglavlja je da se ukaže na ponovljene konvergencije između tih torbara i velikog broja njihovih parnjaka među placentalnim sisarima koji prevladavaju u ostalim delovima sveta. Svaki torbar na slici, mada ni po čemu isti kao placentalni sisar, čak ni s naoko sličnim odlikama, ipak dovoljno podseća na svog placentalnog ekvivalenta - to jest, na onog koji ispoljava najpribližnije osobine - što nas zadivljuje, ali ni izbliza toliko da bismo to shvatili kao tvorčevo pozajmljivanje ideje.

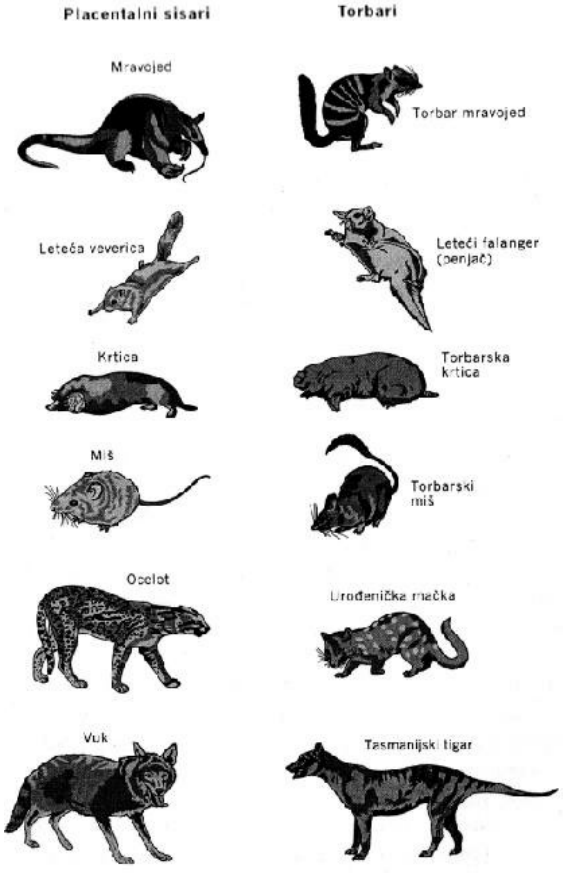


Lobanja thylacinusa, „torbarskog vuka“ ili „tasmanijskog tigra“

Seksualno mešanje gena u genskom fondu moglo bi se tumačiti kao nekakvo pozajmljivanje ili deljenje genetičkih „ideja”, ali seksualna rekombinacija odvija se samo unutar jedne vrste te je stoga nebitna za ovo

poglavlje u kome se vrste porede: na primer, porede se torbari i placentalni sisari. Zanimljivo je da je visok stepen pozajmljivanja DNK uobičajena pojava među bakterijama. U procesu koji se ponekad smatra uvodom u seksualnu reprodukciju, bakterije - čak i sojevi koji su u vrlo dalekom srodstvu - razmenjuju ideje o DNK s promiskuitetom žarom. Pozajmljivanje ideja uistinu je jedan od glavnih načina da bakterije pokupe korisne trikove kao što je razvijanje otpornosti na određene antibiotike.

Ova pojava često se naziva transformacija, mada nam taj naziv ništa ne govori. Kad ju je Frederik Grifit otkrio 1928. godine, niko nije znao za DNK. Grifit je uočio da nevirulentni soj bakterije *Streptococcus* može preuzeti virulentnost od potpuno drugačijeg soja, čak i ako je taj soj mrtav. Danas bismo rekli da nevirulentni soj inkorporira



Placentalni sisari i njihovi ekvivalenti među torbarima

u svoj genom deo DNK mrtvog virulentnog soja (za DNK nije bitno je li nešto „mrtvo", pošto je ona samo skup kodiranih informacija). U duhu prethodnog izlaganja u ovom poglavlju, reklo bi se da je nevirulentni soj pozajmio genetičku ideju od virulentnog soja. Naravno, kad bakterije pozajmljuju gene od drugih bakterija, to uopšte nije isto kao kad tvorac

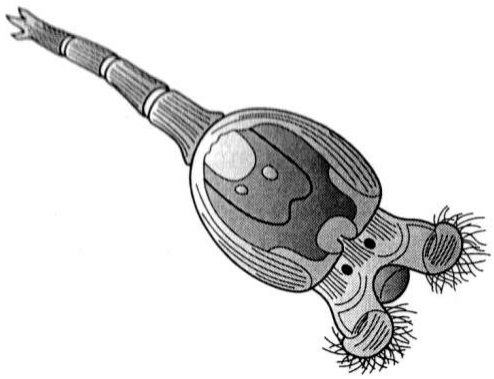
pozajmljuje sopstvene ideje iz jedne teme da bi ih iskoristio i u drugoj temi. Ali pozajmljivanje gena među bakterijama zanimljivo je zbog sledećeg: kad bi se to odigravalo kod životinja tako često kao kod bakterija, onda bi bilo teže opovrgnuti hipotezu o tvorčevom pozajmljivanju. Šta bi bilo kad bi se u pogledu pozajmljivanja slepi miševi i ptice ponašali isto kao bakterije - kad bi se delovi ptičjeg genoma mogli prenositi unaokolo, možda posredstvom bakterijske ili virusne infekcije, i ubaciti u genom slepog miša? Možda bi nekoj vrsti slepih miševa odjednom izrasla krila u kojima bi se našle DNK informacije pozajmljene posredstvom genetičke verzije računarske naredbe „kopiraj i umetni".

Za razliku od transfera gena među bakterijama, kod životinja se taj postupak gotovo sasvim svodi na seksualno opštenje unutar vrste. Zato se i vrsta može sasvim lepo definisati kao skup životinja koje međusobno stupaju u genski transfer. Kada su dve populacije vrste razdvojene dovoljno dugo pa ne mogu seksualno razmenjivati gene (obično se to dešava nakon prvobitnog prinudnog geografskog razdvajanja, kao što smo videli u poglavlju 9), definišemo ih kao zasebne vrste koje više nikada neće međusobno razmenjivati gene, izuzev ako to ne urade genetički inženjeri. Moj kolega Džonatan Hodžkin, profesor genetike na Oksfordu, zna za svega tri izuzetka, ne sasvim uverljiva, od tog pravila po kome se transfer gena odvija jedino unutar vrste: valjkasti crvi, vinske mušice i (u mnogo važnijem pogledu) rotifere iz klase bdeloida.

Ova poslednja grupa naročito je zanimljiva jer njeni pripadnici, za razliku od svih drugih velikih grupacija eukariota, seksualno ne opšte. Je li moguće da su ti organizmi bili u stanju da odbace seks jer su se vratili na drevni bakterijski način razmene gena? Čini se da je transfer gena među vrstama češća pojava kod biljaka. Parazitska biljka vilinska kosa (lat. *cuscuta*) donira gene biljci domaćinu oko koje se uvija.[66]

Nemam jasan stav o genetički modifikovanoj hrani. Rastrzan sam između mogućih koristi koje bi od toga imala poljoprivreda i instinkta koji me navodi na oprez. Ali vredi se kratko osvrnuti na jedan argument koji ranije nisam čuo. Danas ne možemo prežaliti što su naši preci iz čiste zabave donosili životinjske vrste na nepoznate teritorije. Američku sivu vevericu doneo je u Britaniju vojvoda od Bedforda: hirovit čin koji je bio, sada to jasno vidimo, i katastrofalno neodgovoran. Zanimljivo je upitati se hoće li možda taksonomi u budućnosti isto tako žaliti što je naša generacija petljala s genomima, recimo, kada su geni za „antifriz" iz arktičke ribe preneti u paradajz kako se

ne bi smrzavao. Naučnici su pozajmili gen koji meduzama omogućava da fluorescentno sjaje i umetnuli ga u genom krompira ne bi li naterali to povrće da zasvetli kad ga treba zaliti. Čak sam čitao o najavi nekakvog „umetnika" da će napraviti „instalaciju" od svetlećih pasa



Rotifera iz klase bdeloida

koji sijaju zato što imaju meduzine gene. Takvo nakaradno iskorišćavanje nauke u ime pretenciozne „umetnosti" vređa sva moja osećanja. Ali, može li šteta biti veća? Da li ove besramne ćudljivosti štete budućim proučavanjima evolucionih odnosa? Sumnjam, ali možda makar treba pričati o tome, opreza radi. Na kraju krajeva, suština opreznosti je izbeći u budućnosti posledice odluka i dela za koje se sada možda ne vidi kako su očigledno opasni.

RAKOVI

Poglavlje sam počeo s kosturom kičmenjaka, što je dražestan primer invarijantnog obrasca koji povezuje promenljive detalje. Gotovo sve druge velike životinjske grupe pokazale bi isto svojstvo. Izneću još samo jedan primer, meni takođe omiljen: to su desetonožni rakovi, grupa u koju spadaju jastog, kozica, kraba i pustinjski rak (koji, uzgred, nije rak). Telesna struktura svih rakova je ista. Ljudi imaju snažan kostur koji čine čvrste kosti u mekanom telu. Rakovi imaju *egzoskelet,* ili spoljašnji kostur, sačinjen od čvrstih cevi u kojima čuvaju i štite mekane delove. Te čvrste cevi su spojene i međusobno zavisne, otprilike kao naše kosti. Pomislite, primera radi, na delikatne spojeve u nogama krabe ili jastoga, i na robusniji spoj klešta. Mišići koji velikom jastogu omogućavaju da steže, smešteni su u cevima klešta. Ekvivalentni mišići koji se pokreću kad ljudska ruka nešto stegne, pričvršćeni su za kosti koje se pružaju po sredini prsta i palca.

Za razliku od morskih ježeva ili meduza, rakovima su slično kičmenjacima simetrične leva i desna strana, sa segmentima koji se pružaju

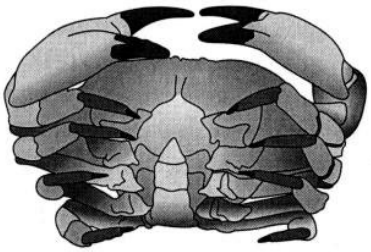
dužinom tela, od glave do repa. Segmenti su isti po osnovnoj strukturi, ali razlike se primećuju u detaljima. Svaki segment ima kratku cev koja je spojena s dva susedna segmenta, bilo nepomično ili tako da se može micati. Kao kod kičmenjaka, organi i sistemi organa rakova pokazuju obrazac koji se ponavlja kako idete od prednjeg dela tela ka zadnjem. Na primer, glavni nervni put, koji se prostire celom dužinom trbuha (a ne leđa, kao kičmeni stub kičmenjaka), u svakom segmentu ima par ganglija (one su poput dva mini-mozga[67]) iz kojih izviru nervi za dati segment. Skoro svi segmenti imaju po jedan ud na boku. Svaki ud se sastoji od niza cevčica s međusobnim spojevima. Udovi rakova obično se završavaju s dva kraka koji se najčešće mogu nazvati kleštima. I glava je podeljena na segmente, isto kao glava kičmenjaka, s tim što su kod rakova segmenti na glavi manje uočljivi nego na ostalim delovima tela. Na glavi imaju pet parova ekstremiteta, premda je malo čudno zvati ih ekstremitetima jer su modifikovani i pretvorili su se u antene ili komponente viličnog aparata. Stoga se obično smatraju dodacima a ne ekstremitetima. Pet segmentiranih dodataka na glavama svih rakova, manje-više su isti. Gledano spreda, na glavi se nalaze: prvi par antena, drugi par antena (zovu se samo antene), mandibule (donja vilica), prvi par maksila (gornja vilica) i drugi par maksila.

Prvi i drugi par antena najviše služe za primanje nadražaja. Mandibulama i maksilama se žvaće, drobi i obraduje hrana. Kako idemo ka zadnjem delu tela, vidimo da se ekstremiteti na segmentima prilično razlikuju. Oni na sredini tela najčešće su za kretanje, dok su ekstremiteti pozadinskih segmenata uglavnom namenjeni drugim stvarima, između ostalog i za plivanje.

Prvi segmentirani dodaci jastoga ili kozice, posle uobičajenih pet segmentiranih dodataka na glavi, jesu klešta. Sledeća četiri para su noge za kretanje. Segmenti s kleštima i nogama za kretanje čine toraks. Ostatak tela naziva se abdomen, i segmenti koji se pružaju do vrha repa, zovu se perajca (engl. *swimmerets);* to su paperjasto meki dodaci koji pomažu pri plivanju, i vrlo su bitni pojedinim divnim kozicama. Kod kraba, glava i toraks su srasli u veliku celinu za koju je pričvršćeno svih prvih deset parova ekstremiteta. Stomak je ispod glave i toraksa pa ga ne možete videti odozgo. Ali ako okrenete krabu, jasno ćete videti segmentiranu strukturu abdomena. Na slici je prikazan tipično uzan abdomen mužjaka krabe. Abdomen ženke je širi i podseća na kecelju, što mu je drugi naziv. Rakovi pustinjaci su neobični jer imaju asimetričan abdomen (kako bi se prilagodili praznim ljuskama

mekušaca u kojima obitavaju), mekan i bez oklopa (jer ih štiti ljuska mekušca).

Da biste mogli sebi predočiti kako je divna modifikacija tela rakova u pojedinostima, pri čemu je sama struktura tela nepromenjena, pogledajte skup crteža na naspramnoj strani, delo Ernsta Hekela, zoologa iz 19. veka, možda najodanijeg Darvinovog sledbenika u Nemačkoj (odanost nije bila uzajamna, ali Darvin bi se izvesno divio Hekelovom crtačkom umeću).



Mužjak krabe sa uskim abdomenom

Hekelovi rakovi. Ernst Hekel bio je istaknuti nemački zoolog koji je izradio izvrsne crteže s temama iz zoologije.

Kao prethodno skelet kičmenjaka, proučite sada delove tela kraba i

slatkovodnih rakova. Vidite da možete, bez izuzetka, precizno uočiti ekvivalente svakog dela tela. Svaki delić egzoskeleta povezan je sa analognim delovima, ali ti se delovi prilično razlikuju među sobom po obimu. Skelet je, ponoviću, nepromenljiv, ali njegovi delovi svakako nisu. I ovde je očigledno - a rekao bih i jedino logično - sledeće tumačenje: svi ovi rakovi su nasledili plan svoga skeleta od zajedničkog pretka. Pojedinačne komponente oblikovali su na razne načine. Ali sam plan ostao je isti, upravo onakav kakav su nasledili od pretka.

ŠTA BI DARSI TOMPSON URADIO DA JE IMAO RAČUNAR?

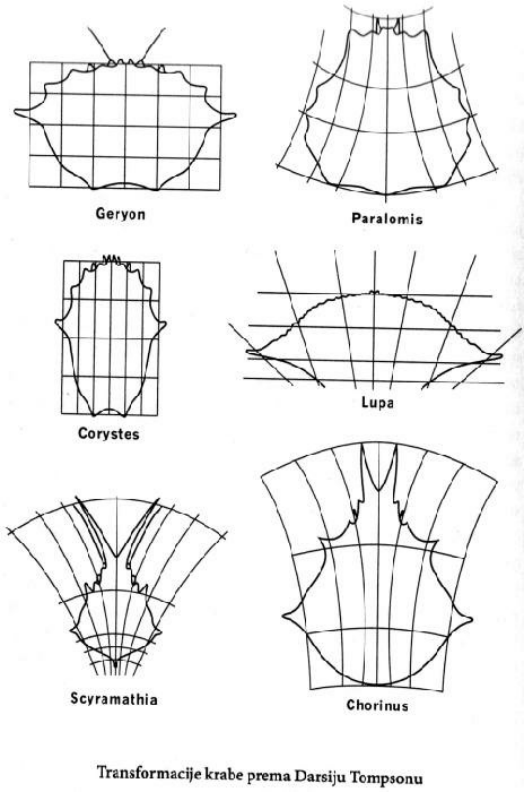
Godine 1917, veliki škotski zoolog Darsi Tompson napisao je knjigu *O razviću i obliku (On Growth and Form).* U poslednjem poglavlju te knjige prvi put je pomenuo svoju, sada čuvenu, „metodu transformacija".[68] Na milimetarskom papiru nacrtao je životinju, a onda presavijao list po matematički zadatoj shemi da pokaže kako se oblik prvobitne životinje promenio u oblik druge, srodne životinje. Zamislite da je početna strana iz milimetarskog bloka kao guma na kojoj ste nacrtali prvu životinju. Transformisani papir bio bi ekvivalentan toj gumi, izduženoj ili skupljenoj prema određenom matematičkom proračunu. Na primer, Tompson je razmatrao šest vrsta kraba. Jednu od njih, iz vrste *Geryon,* nacrtao je na običnom milimetarskom papiru (list ekvivalentan nedeformisanoj gumi). Zatim je deformisao svoj matematički „gumeni papir" na pet različitih načina, kako bi približno prikazao ostalih pet vrsta kraba. Nećemo ovde zalaziti u matematičke detalje, mada su oni fascinantni. Jasno se vidi da je malo potrebno kako bi se jedna kraba transformisala u drugu. Tompsona nije naročito zanimala evolucija, ali mi lako možemo zamisliti kako bi se morala odvijati genetička mutacija da bi nastale takve promene. To ne znači da je *Geryon* ili ma koja druga od tih šest vrsta kraba predak onih ostalih vrsta. Nijedna vrsta nije predak, ali bez obzira na to suština je sledeća: kako god je izgledala prakraba, od bilo koje pomenute vrste kraba (ili od pomenute krabe pretka) *ovakvim* transformacijama mogla je nastati bilo koja druga narečena vrsta.

Evolucija se nikad nije događala tako što bi se oblik jedne odrasle jedinke „uterao" u oblik druge jedinke. Setite se da razvoj svake odrasle jedinke

počinje od zametka. Izabrane mutacije imale bi efekta u embrionu u razvoju ako bi promenile stopu razvoja određenih delova tela u odnosu na druge delove tela. U poglavlju 7 opisali smo evoluciju ljudske lobanje kao niz promena u stopi razvoja pojedinih delova u odnosu na druge delove, pri čemu tu promenu kontrolišu geni u embrionu koji se razvija. Stoga, ako bismo nacrtali ljudsku lobanju na „matematičkom gumenom papiru", očekivali bismo da bude moguće deformisati gumu na matematički definisan način i tako postići približnu sličnost s lobanjom bliskog srodnika, recimo šimpanze ili - možda uz veću deformaciju - nešto daljeg rođaka kakav je babun. Upravo to je u svojim primerima pokazao Darsi Tompson.

Primetićete i ovde da je proizvoljna odluka prvo nacrtati ljudsku lobanju pa je onda transformisati u lobanju šimpanze ili babuna. Jednako je tako mogao prvo nacrtati šimpanzu pa onda primeniti potrebne deformacije kako bi je pretvorio u čoveka ili babuna. Ili, što je još zanimljivije za knjigu o evoluciji, a on takvu knjigu nije napisao, mogao je prvo nacrtati na nedeformisanoj gumi, recimo, lobanju *Australopithecusa,* i onda razraditi metodu kako da je transformiše u lobanju savremenog čoveka. Efekat bi svakako bio kao na prethodnim slikama, a još bi direktnije podupirao evolucioni koncept.

Na početku ovog poglavlja objasnio sam šta je homologija na primeru ruku slepih miševa i ljudi. Pozivajući se na idiosinkratski aspekt jezika, rekao sam da su ti skeleti identični ali su im kosti različite. Pomoću transformacija Darsija Tompsona, preciznije ćemo izraziti



Transformacije krabe prema Darsiju Tompsonu

Transformacije lobanje prema Darsiju Tompsonu

tu ideju. U toj formulaciji, dva organa - na primer, šaka slepog miša i ljudska šaka - homologni su ako je moguće nacrtati jedan na parčetu gume, onda tu gumu deformisati i dobiti drugi. Matematičari imaju pridev za to: homomorfno.[69]

Zoolozi su uočili homologiju još pre nego što je Darvinov objavio teoriju o evoluciji, a preevolucionisti su tada mogli reći da su, na primer, krila slepog miša i ljudske šake homologni. Da su dovoljno znali matematiku, s radošću bi upotrebili odrednicu homomorfno. Nakon što je Darvin obznanio svoju teoriju, i kada je opšte prihvaćeno da slepi miševi i ljudi imaju istog pretka, zoolozi su počeli da definišu homologiju koristeći termine iz oblasti evolucije. Homologne sličnosti su one koje se nasleđuju od istog pretka. Pridev analogno nadalje je ukazivao na sličnosti usled iste funkcije a ne istog porekla. Primera radi, za krilo slepog miša i krilo insekta reklo bi se da su

analogni, za razliku od homologije između krila slepog miša i ljudske ruke. Želimo li da iskoristimo homologiju kao dokaz u prilog evoluciji, ne možemo je definisati preko evolucije. U tu svrhu je prikladnije vratiti se na definiciju homologije iz doba pre teorije o evoluciji. Krilo slepog miša i ljudska ruka homomorfni su: jedan ekstremitet možete transformisati u drugi ako deformišete gumu na kojoj ste ga nacrtali. Na taj način ne možete transformisati krilo slepog miša u krilo insekta, jer nemaju ekvivalentne delove. Rasprostranjenost homomorfizma, koji nije definisan sa stanovišta evolucije, može se iskoristiti kao dokaz u prilog evoluciji, kako zapažamo kako bi evolucija mogla delovati na primeru ramena kičmenjaka koje bi se tokom evolucije jednostavno transformisalo u rame ma kog kičmenjaka tako što bi se promenile odgovarajuće stope razvoja u embrionu.

Još kada sam se kao diplomac susreo s računarima, šezdesetih godina prošlog veka, zapitao sam se šta bi Darsi Tompson napravio da je imao računar. To me je naročito zanimalo osamdesetih godina, kad su postali dostupniji računari s monitorima. Crtanje na razvučenoj gumi i uvrtanje nacrtane površine po matematičkoj shemi - pa taj postupak je dušu dao da se obradi na računaru! Predložio sam da Univerzitet u Oksfordu izdvoji sredstva i zaposli programera koji će podesiti Tompsonove transformacije za prikazivanje na monitoru računara i za jednostavnu manipulaciju. Dobili smo novac i angažovali Vila Atkinsona, prvoklasnog programera i biologa, koji mi je postao prijatelj i savetodavac u programerskim projektima. Kad smo rešili težak problem s programiranjem bogatog repertoara matematičkih distorzija „gume", Atkinson je potom relativno lako smestio ta matematička čudesa u program za veštačku selekciju u biomorfnom stilu, sličan mojim biomorfnim programima koje sam opisao u poglavlju 2. Kao u tim mojim programima, i ovde „igrača" na ekranu dočekuju razni životinjski oblici, a on treba da izabere jedan koji će „gajiti" iz generacije u generaciju. Opet su tu geni koji su opstali kroz naraštaje i uticali na oblik drugih „životinja". Ali u ovom slučaju geni su uticali na životinjski oblik tako što su kontrolisali krivljenje gume na kojoj je životinja nacrtana. Stoga bi teoretski bilo moguće da počnete od, recimo, lobanje *Australopithecusa* nacrtane na nedeformisanoj gumi i brinete se o svojim stvorenjima kojima se progresivno povećava mozak a smanjuje njuška - drugim rečima, koja postojano bivaju sve čovekolika. U stvarnosti je dokazano da je vrlo teško postići išta slično tome, a sama ta činjenica je, rekao bih, zanimljiva.

Jedan od razloga za tu poteškoću vraća nas na Tompsonove

transformacije u kojima se *odrasla* jedinka menja u drugu odraslu jedinku. U poglavlju 8 naglasio sam da nije bitno kako funkcionišu geni u evoluciji. Svaka pojedinačna životinja ima svoj razvojni put. Ona je na početku embrion od kog se razvija tako što joj neproporcionalno rastu različiti delovi tela, i pretvara se u odraslu jedinku. Evolucija nije genetički kontrolisano preoblikovanje jedne odrasle jedinke u drugu; to je genetički kontrolisana promena u razvojnom programu. Nije prošlo mnogo nakon što je objavljeno prvo izdanje knjige Darsija Tompsona, a ovu zakonitost uočio je Džulijan Haksli (deda Tomasa Henrija i Aldosov brat) kada je modifikovao metodu transformacija da bi proučavao kako se embrioni u ranoj fazi pretvaraju u zrelije embrione ili odrasle jedinke. Toliko o metodi transformacija Darsija Tompsona u ovom delu knjige. Vratiću joj se u poslednjem poglavlju, kad budem obrazlagao sličnu temu.

Kako sam rekao na početku ovog poglavlja, komparativni dokazi uvek su uverljivije podupirali evoluciju nego fosilni dokazi. I Darvin je imao slično stajalište, što se vidi na kraju poglavlja „Uzajamna srodnost živih bića" u *Postanku vrsta*:

> Najzad, meni se čini da nekoliko klasa činjenica koje su razmotrene u ovoj glavi potvrđuju tako jasno da bezbrojne vrste, rodovi i porodice kojima je svet naseljen vode poreklo, svako u vlastitoj klasi ili grupi, od zajedničkih predaka, i da su se svi menjali u toku pokolenja, da ja bez ustezanja usvajam to gledište, čak i ako ono ne bi imalo oslonca u drugim činjenicama ili dokazima.

POREĐENJA NA MOLEKULARNOM NIVOU

Darvin nije znao - niti je mogao znati - da će komparativni dokazi postati još ubedljiviji kad u istraživanja uključimo molekularnu genetiku i pridodamo ih anatomskim poređenjima koja su bila moguća u njegovo vreme.

Kao što je skelet kičmenjaka nepromenljiv kod svih kičmenjaka iako im se pojedinačne kosti razlikuju, i kao što je egzoskelet rakova nepromenljiv kod svili rakova iako ima razlika među njihovim pojedinačnim cevima, tako je i DNK kod isti u svim živim bićima premda postoje razlike u pojedinačnim genima. Ova zaista neverovatna činjenica jasnije od svega drugog pokazuje da su sva živa bića nastala od istog pretka. Ne samo da je isti genetički kod svih životinja, biljaka, gljiva, bakterija, prabakterija i virusa nego imaju

istovetan celokupan genski/proteinski sistem za funkcionisanje života, o čemu je bilo reči u poglavlju 8. Različito je ono što je zapisano u kodu, a ne sam kod. Kad posmatramo komparativno kodni zapis - stvarne genske sekvence u svim tim raznorodnim stvorenjima - nailazimo na istu vrstu hijerarhijskog stabla sličnosti. Nailazimo na isto *porodično stablo,* mada prikazano detaljnije i ubedljivije - kao kad smo analizirali skelet kičmenjaka, skelet rakova - zapravo na svekoliki obrazac anatomskih sličnosti u svim carstvima živih bića.

Ako hoćemo da sagledamo koliko je bliska veza između bilo koje dve vrste - recimo, koliko su bliski jež i majmun - idealno bi bilo proučiti celokupan molekularni zapis svakog gena obe vrste i uporediti ih do tančina, kao što bi proučavalac Biblije uporedio dva svitka ili fragmenta koji se pripisuju proroku Isaiji. Ali za tako nešto treba mnogo vremena i novca. Na Projekat ljudski genom utrošeno je deset godina, da bi se predstavilo mnogo ljudi kroz vekove. Iako bi sada bilo moguće postići isti rezultat za kraće vreme, postupak bi i dalje bio pozamašan, a takav bi bio i Projekat ježev genom. Kao što važi za sletanje letelica Apolo na Mesec, ili za veliki hadronski sudarač (koji je upravo pušten u pogon dok ovo pišem - divovske razmere tog međunarodnog poduhvata ganule su me do suza kad sam posetio Cern), potpuno dešifrovanje ljudskog genoma jedno je od onih ostvarenja zbog kojih sam ponosan što sam ljudsko biće. Ushićen sam što je uspešno priveden kraju Projekat genom šimpanze i ekvivalentni projekti za razne druge vrste. Ako se nastavi napredovanje ovakvim tempom (videti kasnije pasuse o Hodžkinovom zakonu), uskoro će biti ekonomski ostvarivo rasporediti sekvence genoma svakog para vrsta čiju rodbinsku vezu poželimo da ispitamo. Dok se to ne desi, uglavnom ćemo morati da se zadovoljimo uzorkovanjem određenih delova njihovih genoma, a to daje sasvim dobre rezultate.

Uzorak možemo dobiti ako uzmemo nekoliko proizvoljnih gena (ili proteina čije su sekvence prevedene direktno iz gena) i uporedimo ih u više vrsta. Uskoro ću to obrazložiti. Ali ima i drugih načina za grubo, automatsko uzorkovanje, a tehnologije za takve postupke postoje već duže vreme. U jednoj ranoj metodi, koja iznenađujuće dobro funkcioniše, koristi se imuni sistem zečeva (nije bitno koja je životinja, ali zečevi su sasvim dobri za tu svrhu). Imuni sistem zeca proizvodi antitela protiv svakog stranog proteina koji uđe i krvotok; to je deo prirodne odbrane organizma zeca protiv patogena. Isto kao što možete zaključiti da sam preležao jaku prehladu ako

pogledate antitela u mojoj krvi, tako ćete zaključiti na osnovu sadašnje imune reakcije zeca da im je bio izložen u prošlosti. Antitela u zečjem organizmu svedoče o prirodnim šokovima koje je njegovo telo zapamtilo - a među njima su i veštački ubrizgani proteini. Na primer, kad u zeca ubrizgate protein šimpanze, on će proizvesti antitela koja će napasti taj protein ukoliko ga ponovo ubrizgate. Šta bi se desilo u slučaju da drugi put ubacite ekvivalentan protein, ali ne od šimpanze nego od gorile? Zbog prethodnog izlaganja zečjeg organizma proteinu šimpanze, on će biti *delimično* spreman da reaguje na verziju proteina iz gorile, ali reakcija će biti slabija. Isto tako će biti spreman da reaguje na verziju proteina iz kengura, ali još slabije, s obzirom na to da je kengur u još daljem srodstvu sa šimpanzom na čiji je protein zec prvobitno reagovao. Jačina imune reakcije zeca na svako sledeće ubrizgavanje proteina mera je sličnosti tog proteina s prvim kome je zec bio izložen. Vinsent Sarič i Alan Vilson s Kalifornijskog univerziteta u Berkliju, šezdesetih godina prošlog veka, koristili su upravo taj postupak sa zečevima kad su pokazali da su ljudi i šimpanze mnogo bliskije povezani nego što se mislilo.

Ima i metoda u kojima se neposredno porede geni raznih vrsta, a ne proteini koje ti geni kodiraju. Jedna od najstarijih i najdelotvornijih takvih metoda jeste hibridizacija DNK. Obično se hibridizacijom DNK objašnjavaju izjave poput ove: „Ljudi i šimpanze imaju identičnih 98 procenata gena". Uzgred, nije sasvim jasno šta ti procenti znače. Devedeset osam procenata *čega* je identično? Tačna brojka zavisi od toga koliko su velike jedinice koje prebrojavamo. Evo jednostavne analogije kojom se to objašnjava na vrlo zanimljiv način, jer razlike između analogije i polazne stvari podjednako mnogo otkrivaju kao i sličnosti. Recimo da upoređujemo dve verzije iste knjige. Možda je to Knjiga Danijelova, pa želimo da uporedimo kanonsku verziju s drevnim svitkom koji je nedavno pronađen u pećini kraj Mrtvog mora. U kom procentu su glave dveju knjiga identične? Verovatno je taj procenat nula jer je dovoljno samo jedno nepodudaranje, bilo gde u celoj glavi, i utvrdićemo da dve glave nisu istovetne. U kom procentu su identične *rečenice*? Taj procenat je znatno veći. Još veći bi bio procenat identičnih reči, jer one imaju manje slova od rečenica - stoga je i manja verovatnoća da se naruši identičnost. Ali sličnost među rečima prestaje ako se primeti razlika u samo jednom slovu u reči. Zato, ukoliko postavite dva teksta jedan pored drugog i uporedite ih slovo po slovo, procenat istih slova biće veći od procenta istih reči. Slično tome, i procene tipa „98 procenata zajedničkog" ne znače ništa ako se ne definiše veličina jedinice za poređenje. Da li brojimo

glave, reči, slova ili nešto drugo? Isto važi kad poredimo DNK dve vrste. Ako poredite cele hromozome, procenat zajedničkog materijala je nula zato što je dovoljna i najmanja razlika, bilo gde na hromozomima, da bi se utvrdilo kako se poređeni hromozomi razlikuju.

Tih 98 procenata koji se često navode kao postotak zajedničkog genetičkog materijala ljudi i šimpanza, zapravo se ne odnose ni na broj hromozoma niti na broj celih gena, nego na broj DNK „slova" (tačnije, baznih parova) koji se međusobno poklapaju u određenim genima čoveka i šimpanze. Tu ima i jedna caka. Ako naivno pristupite sravnjivanju, slovo koje *nedostaje* (ili je dodato), a to nije isto što i pogrešno slovo, izazvaće neslaganje svih narednih slova jer će sva biti pomerena za po jedno mesto (dok usled nekakve greške u suprotnom smeru ponovo ne dospeju na prava mesta). Potpuno je nepravedno da se procena stepena različitosti ovako tumači. Stručnjaku je dovoljno da baci pogled na dva svitka Knjige Danijelove i automatski će to shvatiti, mada je teško objasniti kako. Na koji način to isto radimo s DNK? Ovde ćemo napustiti analogiju s knjigama i svicima i preći na konkretnu stvar jer, kako to biva, konkretnu stvar - DNK - lakše je shvatiti nego analogiju!

Ako postepeno zagrevate DNK, u jednom trenutku - otprilike na 85°C - puca veza između dve zavojnice dvostrukog heliksa, i one se razdvajaju. Tu temperaturu od 85°C, ili koja god da je, možete posmatrati kao „tačku topljenja". Ako ih ponovo ohladite, svaka zavojnica spontano će se spojiti s drugom pojedinačnom zavojnicom, ili fragmentom pojedinačne zavojnice, gde god nađe neku s kojom se može upariti, i pri tom primeniti uobičajena pravila koja važe za bazne parove dvostrukog heliksa. Možda ćete pomisliti da se uvek spajaju zavojnice koje su se pre toga razdvojile i koje su se savršeno međusobno uklapale. I to se može desiti, ali nije sve kao pod konac. Fragmenti DNK pronaći će druge fragmente s kojima se mogu upariti, a to obično neće biti baš njihovi prvobitni partneri. Dodate li razdvojene fragmente DNK koji pripada drugoj vrsti, fragmenti pojedinačnih zavojnica mogu se spojiti s fragmentima pojedinačnih zavojnica druge vrste, isto kao što bi se uparili s pojedinačnim zavojnicama sopstvene vrste. Zašto da ne? To je veličanstven zaključak koji smo izveli nakon Votsonove i Krikove revolucije u molekularnoj biologiji - DNK je samo DNK. Za DNK nije bitno je li ljudska, potiče li od šimpanze ili od jabuke. Njeni fragmenti upariće se s komplementarnim fragmentima gde god ih pronađu. Ipak, veze nisu uvek podjednako čvrste. Pojedinačne zavojnice DNK povezaće se čvršće sa sebi

sličnijim zavojnicama nego s manje sličnim. To je stoga što više slova DNK (tj. baza, kako su ih nazvali Votson i Krik) pronalazi partnere s kojima se ne može upariti, pa slabe veze između zavojnica - kao kad rajsferšlus nema sve zupce.

Kad se pronađu i spoje fragmenti različitih vrsta, kako ćemo meriti jačinu te veze? Pomoću smešno jednostavne metode. Merićemo „tačku topljenja" veza. Pomenuo sam da je tačka topljenja dvostrukog heliksa DNK na otprilike 85°C. To važi za normalan, valjano uparen dvostruki heliks DNK, kao kad se zavojnica ljudske DNK odvoji od komplementarne zavojnice ljudske DNK. Ali kad bi veza bila slabija - na primer, da je ljudska zavojnica povezana sa zavojnicom šimpanze - pukla bi na nešto nižoj temperaturi. A ako bi se ljudska DNK povezala s DNK daljeg srodnika kao što je riba ili žaba, temperatura razdvajanja bila bi još niža. Razlika u tački topljenja veze između istorodnih zavojnica i tački topljenja veze ostvarene između zavojnica različitih vrsta, predstavlja meru genetičke udaljenosti između dve vrste. Po pravilu, svaki pad temperature od jednog stepena Celzijusa u tački topljenja veze otprilike odgovara padu od jednog procenta u broju sparenih slova DNK (ili povećanju od jednog procenta u broju zubaca koji nedostaju na rajsferšlusu).

U ovakvom postupku ima komplikacija, ali njih sam preskočio u izlaganju, kao i začkoljica za koje postoje genijalna rešenja. Na primer, ako pomešate DNK čoveka i šimpanze, većina fragmentiranog DNK čoveka povezaće se s drugim fragmentima ljudske DNK, kao što će se većina šimpanzine DNK povezati s DNK svoje vrste. Kako da izdvojite hibridnu DNK, čiju tačku topljenja hoćete da izmerite, od istorodne DNK? Pribeći ćete lukavom triku, za šta je potrebno prethodno radioaktivno obeležiti DNK. Ali pojedinosti o tome mnogo bi nas skrenule s teme. Suština je sledeće: pomoću hibridizacije DNK, naučnici dolaze do vrednosti od 98 procenata genetičke sličnosti između ljudi i šimpanza, a na osnovu iste tehnike zaključuju da je procenat sličnosti sve manji kod parova životinja koje su sve dalji srodnici.

Najnovija metoda merenja sličnosti u paru podudarnih gena iz različitih vrsta ujedno je i najdirektnija i najskuplja: pomoću nje se iščitava sekvenca slova u samim genima, uz korišćenje istih postupaka kao u Projektu ljudski genom. Mada je još uvek skupo upoređivati ceo genom, može se dobiti vrlo dobra približna slika kad se uporede uzorci gena, što je sada sve učestalija praksa.

Ma kojom tehnikom merili sličnosti između dve vrste - antitela zeca,

tačke topljenja veza ili direktno sekvenciranje - sledeći korak je gotovo isti. Kad dobijemo brojke koje predstavljaju sličnosti između svakog para vrsta, smeštamo te vrednosti u tabelu. Uzmite skup vrsta, zapišite im imena, istim redosledom, u zaglavlja kolona i redova. Zatim upišite procentualne sličnosti u odgovarajuće ćelije tabele. Tabela će biti u obliku trougla (polovina četvorougla) jer će, na primer, procentualna sličnost između čoveka i psa biti ista kao sličnost između psa i čoveka. Ako popunite celu četvorougaonu tabelu, polovina s jedne strane dijagonale biće preslikana polovina s druge strane.

Kakve rezultate treba da očekujemo? U skladu sa evolucionim modelom, trebalo bi predvideti da ćete upisati visoku vrednost u ćeliju koja spaja čoveka i šimpanzu; nižu vrednost upisaćete u ćeliju koja spaja čoveka i psa. Ćelija čovek/pas teoretski bi trebalo da pokazuje isti rezultat kao ćelija šimpanza/pas, zato što su ljudi i šimpanze u istom stepenu srodstva s psima. Trebalo bi da bude identična i s ćelijama majmun/pas i lemur/pas jer su ljudi, šimpanze, majmuni i lemuri u srodstvu s psom preko zajedničkog pretka, ranog primata (koji je verovatno bio pomalo sličan lemuru). Iste vrednosti trebalo bi da budu u ćelijama čovek/mačka, šimpanza/mačka, majmun/mačka i lemur/ mačka, jer su mačke i psi u srodstvu sa svim primatima preko zajedničkog pretka svih mesoždera. U svim ćelijama koje spajaju, recimo, lignju s bilo kojim sisarom, trebalo bi da stoji mnogo niža vrednost - u idealnom smislu, podjednako niža. Ne bi trebalo da bude bitno koji je sisar odabran, jer su svi podjednako daleki srodnici lignje.

Ovo su jake teoretske pretpostavke, ali nema razloga da one u praksi ne budu opovrgnute. Kad bi bile, onda bi to pružilo dokaz protiv evolucije. Ispostavlja se da je ono što se zaista dešava - unutar statističkih margina greške - upravo ono što bismo očekivali ako uzmemo u obzir pretpostavku da se odigrala evolucija. To je jedan način da kažemo ovo; ako genetičke udaljenosti između parova vrsta prikažete kao rastojanja između grana na stablu, sve dolazi na svoje mesto. Naravno da takvo prikazivanje udaljenosti nije savršeno. Matematička očekivanja u biologiji najčešće se ostvaruju samo s približno tačnim vrednostima.

Pod pretpostavkom da je tačna teorija o evoluciji, dokaz o komparativnoj DNK (ili o proteinu) može se koristiti kako bi se izveo zaključak o tome koji su parovi životinja u bližem srodstvu od drugih parova. Ovo je izuzetno moćan dokaz u prilog evoluciji jer na osnovu njega možete nacrtati stablo genetičke sličnosti za svaki gen posebno. Za svaki gen dobija se približno isto

stablo života, što je važna činjenica. Kao što sam rekao, upravo to biste očekivali kad biste crtali pravo porodično stablo. Ali ne biste očekivali u slučaju da je tvorac osmotrio svekoliko životinjsko carstvo i odabrao - ili pozajmio - najbolje proteine za svoj naum, ma gde bili u tom carstvu životinja.

Grupa genetičara s Novog Zelanda na čelu s profesorom Dejvidom Penijem, prva je sprovela obimno proučavanje u ovoj oblasti. Tim profesora Penija obradio je pet gena koji nisu identični kod svih sisara, ali su dovoljno slični da bi poneli isto ime. Detalji nisu bitni, ali pomenuću da su to bili geni za hemoglobin A, hemoglobin B (od hemoglobina je krv crvena), fibrinopeptid A, fibrinopeptid B (fibrinopeptidi učestvuju u zgrušavanju krvi) i citohrom C (koji je vrlo bitan u ćelijskoj biohemiji). Za poređenje su odabrali jedanaest sisara: rezus majmuna, ovcu, konja, kengura, pacova, zeca, psa, svinju, čoveka, kravu i šimpanzu.

Peni i njegove kolege su statistički analizirali to poređenje. Hteli su da izračunaju kolika je verovatnoća da će se, čistom slučajnošću, iz dva molekula dobiti isto porodično stablo, ukoliko evolucija nije postojala. Stoga su pokušali da zamisle sva moguća stabla na čijem bi se vrhu moglo naći tih jedanaest potomaka. Brojka je iznenađujuće velika. Čak i kad biste se ograničili na „binarna stabla” (na kojima iz svake grane izbijaju samo po dve nove grane, a ne tri ili četiri), ukupan broj mogućih stabala premašivao bi 34 miliona. Naučnici su strpljivo pregledali svako od 34 miliona stabala i uporedili svako stablo s preostalih 33.999.999. Ne, naravno da nisu to učinili! Koliko bi samo vremena računaru trebalo da to obavi. Uradili su sledeće: smislili su logičnu statističku aproksimaciju, to jest prečicu koja je ekvivalentna tom mamutskom proračunu.

Evo kako je funkcionisala ta metoda aproksimacije. Uzeli bi prvi od pet gena, recimo hemoglobin A (u svim slučajevima koristim ime proteina za gen kojim se kodira taj protein). Među svim tim milionima stabala, hteli su da pronađu ono koje je najškrtije u pogledu hemoglobina A. Škrtost ovde predstavlja „potrebu da se postulira minimalna evoluciona promena”. Na primer, hiljade stabala na osnovu kojih bi se zaključilo da je kengur najbliži čovekov srodnik, a da su ljudi i šimpanze dalji srodnici, zapravo se nisu nimalo uklapala u tu sliku: ona su morala prikazati upečatljivu evolucionu promenu kojom bi se podupro rezultat po kome su kenguri i ljudi imali zajedničkog pretka u bližoj prošlosti. Presuda hemoglobina A glasila bi:

Ovo stablo se nimalo ne uklapa. Ne samo da moram ubaciti sijaset

mutacija da bi se postigao krajnji rezultat - onolike razlike između ljudi i kengura, mada ovo stablo upućuje na blisko srodstvo te dve vrste - nego moram i dodati pregršt mutacija u drugom smeru kako bih postigao da ljudi i šimpanze, bez obzira na njihovu veliku razdvojenost u ovom stablu, na kraju nekako imaju sličan hemoglobin A. Glasam protiv ovog stabla.

Hemoglobin A donosi ovakvu presudu, nekad nešto blažu, za svako od 34 miliona stabala, i odabira nekoliko tuceta najkvalitetnijih. O svakom od tih najkvalitetnijih stabala, hemoglobin A izjavio bi otprilike ovo:

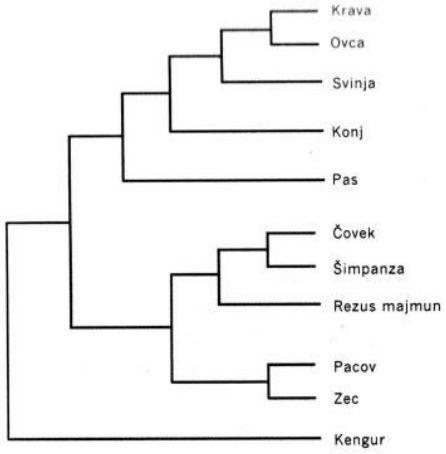
Na ovom stablu ljudi i šimpanze su bliski srodnici, kao i ovce i krave, dok su kenguri na posebnoj grani. Ovo je vrlo dobro stablo, jer na njemu gotovo da ne mogu napraviti nikakve mutacije da bih objasnio evolucione promene. To je stablo savršeno škrto i zato mu dajem svoj hemoglobin A glas!

Naravno, bilo bi lepo kad bi hemoglobin A, a i svi drugi geni, mogao izdvojiti najvećeg škrticu među stablima, ali izgleda da mnogo tražimo. Budući da ima 34 miliona stabala, možemo samo očekivati da se nekoliko neznatno različitih stabala nadmeće za vodeće mesto na listi hemoglobina A.

Dobro, a šta je s hemoglobinom B? Šta je s citohromom C? Svaki od ovih pet proteina ima pravo na nezavisan glas koji će dati svojim izabranim (to jest, najškrtijim) stablima među 34 miliona stabala. Bilo bi sasvim moguće da citohrom C glasa potpuno drugačije za najškrtije stablo. Moglo bi se ispostaviti da je citohrom C čoveka vrlo sličan tom proteinu kengura a da se bitno razlikuje od istog proteina šimpanze. Za razliku od hemoglobina A koji je uočio bliskost između ovce i krave, citohrom C mogao bi zaključiti kako mu mutacije skoro uopšte nisu neophodne da bi, na stablu srodstva, ovcu smestio vrlo blizu, primerice, majmunu, ili da bi postavio kravu blizu zeca. Imamo li u vidu hipotezu o postanku, nema razloga da se to ne desi. Ali Peni i njegove kolege otkrili su neobično veliku saglasnost između svih pet proteina (a lukavom primenom statistike pokazali su kako je malo verovatno da takva usaglašenost bude plod puke slučajnosti). Svih pet proteina „glasalo" je za gotovo iste podskupove stabala među 34 miliona mogućih stabala. Naravno, upravo to bismo očekivali ako bismo pošli od pretpostavke da postoji samo jedno istinsko stablo koje povezuje svih jedanaest životinja, a to je *porodično* stablo evolucionih odnosa. Štaviše, baš to stablo za koje je glasalo svih pet molekula zoolozi su već istražili na anatomskom i paleontološkom nivou, ne na molekularnom.

Penijeva studija objavljena je 1982. godine, i od tad je prošlo prilično vremena. U međuvremenu, bili smo svedoci bogatog gomilanja detaljnih dokaza o tačnim sekvencama gena mnogih vrsta životinja i biljaka. Saglasnost o tome ko su najveće škrtice među stablima sada je mnogo veća i ne obuhvata više samo pomenutih jedanaest vrsta i pet molekula koje su proučavali Peni i njegove kolege. Oni su pružili tek dobar primer, čiju su upečatljivost potvrdili njihovi statistički dokazi. Ukupni podaci o genetičkim sekvencama kojima sada raspolažemo ne ostavljaju nikakvo mesto sumnji. Dokazi dobijeni poređenjem gena, uverljiviji mnogo više i od (vrlo uverljivih) dokaza o fosilnim ostacima, nedvosmisleno upućuju na jedno veliko stablo života. Na slici je prikazano stablo za jedanaest vrsta iz Penijeve studije. Ono je dokaz o savremenom usaglašenom „glasu" o mnogim različitim delovima genoma sisara. Reč je o doslednoj usaglašenosti među svim tim različitim genima u genomu, a to nas ne uverava samo u istorijsku tačnost samog jedinstvenog stabla nego i u činjenicu da se evolucija zaista odigrala.

Ukoliko se nastavi eksponencijalni razvoj tehnologije koja se primenjuje u molekularnoj genetici, do 2050. godine biće moguće brzo i jeftino dobiti celokupnu sekvencu genoma bilo koje životinje.



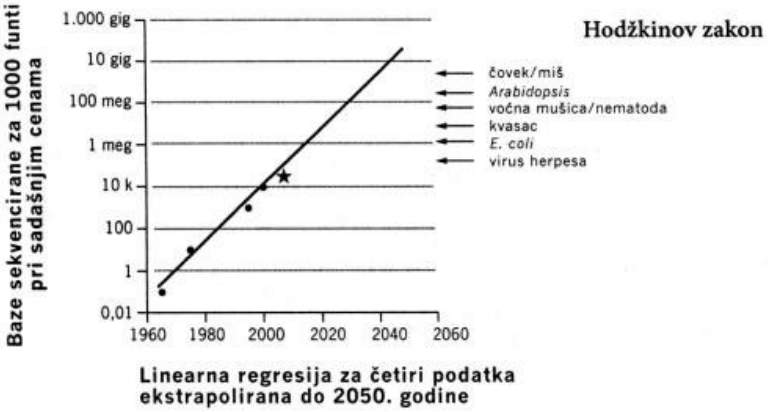
Porodično stablo za jedanaest Penijevih vrsta

Postupak će biti jednostavan gotovo kao merenje temperature ili krvnog pritiska. Zašto kažem da se genetička tehnologija razvija eksponencijalno? Možemo li je uopšte meriti? Moguće je povući paralelu s računarskom tehnologijom nazvanom Murov zakon. Ime je dobila po Gordonu Muru, jednom od osnivača Intela, kompanije za proizvodnju čipova. Ovaj zakon se može iskazati na više načina, zbog međusobne povezanosti nekoliko metoda merenja snage računara. Prema jednoj verziji zakona, broj jedinica koje se mogu smestiti u integrisano kolo određene veličine udvostručuje se na

otprilike svakih godinu i po do dve godine. To je empirijski zakon, što će reći da nije izveden na osnovu teorije nego da se njegova istinitost potvrđuje pri merenju podataka. Zakon se održao već dobrih pedeset godina, a mnogi stručnjaci misle da će važiti još najmanje nekoliko decenija. Drugi eksponencijalni trendovi, sa sličnim vremenom udvajanja, koji se mogu posmatrati kao varijacije Murovog zakona, obuhvataju i povećanje brzine proračuna, te povećanje veličine memorije po jedinici za istu cenu. Eksponencijalni trendovi uvek vode do neočekivanih rezultata. To je potvrdio i Darvin, uz pomoć svog matematički nadarenog sina Džordža, kad je uzeo slona kao primer životinje koja sporo ulazi u reproduktivno doba. Darvin je pokazao da bi za svega nekoliko vekova nesmetanog eksponencijalnog rasta potomci samo jednog para slonova preplavili Zemlju. Suvišno je reći da stopa populacionog rasta slonova u stvarnosti nije eksponencijalna. Ograničavaju je borba za hranu i prostor, bolesti i mnogi drugi činioci. U tome je Darvin video suštinu, jer tu na scenu stupa prirodna selekcija.

Ali Murov zakon zaista važi, makar ovih pedesetak godina. Premda niko ne može izneti jasne razloge, razne mere računarske snage zaista su se eksponencijalno uvećale, dok je u primeru s Darvinovim slonovima rast samo teorijski eksponencijalan. Palo mi je na pamet da bi sličan zakon mogao važiti za genetičku tehnologiju i sekvenciranje DNK. Izneo sam tu svoju ideju Džonatanu Hodžkinu, profesoru genetike na Oksfordu (i mom bivšem studentu). Zadivio me je kad mi je rekao da je i sam razmišljao o tome - i da je obavio merenja u sklopu priprema za jedno predavanje u svojoj nekadašnjoj školi. Procenio je koliko bi koštalo sekvenciranje standardne dužine DNK u četiri perioda - 1965, 1975, 1995. i 2000. Premetnuo sam njegove cifre u „koliko para toliko muzike", ili: „Koliko DNK biste mogli sekvencirali za 1000 funti?" Dobijene brojke prikazao sam na logaritamskoj skali koju sam izabrao zato što se eksponencijalni trend uvek iscrtava kao prava linija u logaritamskom prikazu. Naravno da su se četiri Hodžkinove tačke sasvim dobro rasporedile po pravoj liniji. Tačke sam spojio linijom (o tehnici linearne regresije pročitajte fusnotu na strani 108), pa sam dobijeni rezultat projektovao na budućnost. Nedavno, baš pre nego što će ova knjiga otići u štampu, pokazao sam ovaj odeljak profesoru Hodžkinu i on mi je predočio najnovije podatke kojima je raspolagao, o genomu kljunara (lat. *Ornithorhynchus anatinus)* koji je sekvenciran 2008. godine. (Kljunar, ili platipus, bio je pogodan zbog svog strateškog položaja na stablu života: njegov i čovekov zajednički predak živeo je pre 180 miliona godina, a od

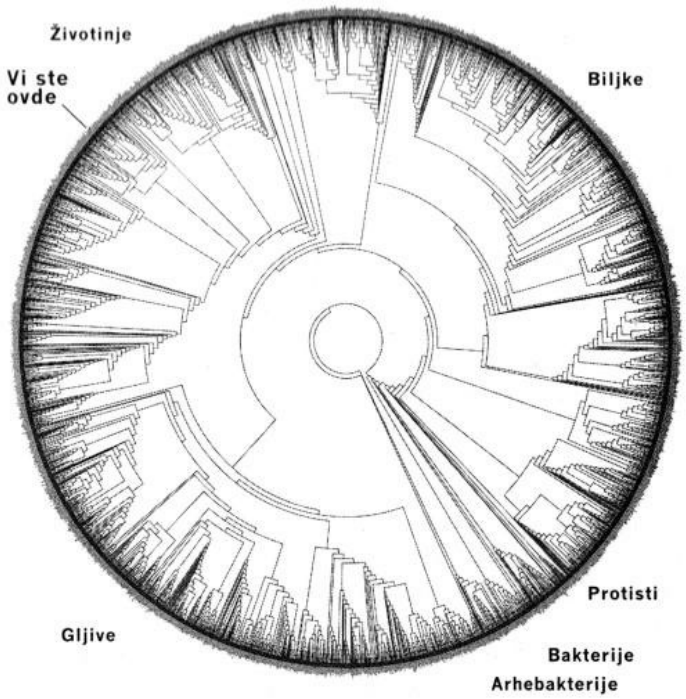
tada je prošlo skoro triput više vremena nego od doba kad su izumrli donosaurusi). Umesto tačke, na grafikon sam za platipuse dodao zvezdicu. Vidite je tik uz projektovanu liniju dobijenu na osnovu prethodno poznatih podataka.



Linija kojom je prikazan Hodžkinov zakon, kako ga sada zovem (bez dopuštenja profesora), nagnuta je pod samo malo manje oštrim uglom od linije za Murov zakon. Vreme udvostručavanja je nešto duže od dve godine, dok je za Murov zakon nešto kraće od dve godine. DNK tehnologija umnogome se oslanja na računare, pa je ispravna pretpostavka da Hodžkinov zakon barem delimično zavisi od Murovog zakona. Strelice na desnoj strani grafikona označavaju veličine genoma različitih stvorenja. Kad pogledate na koji deo linije Hodžkinovog zakona pokazuje određena strelica, saznaćete kada bi, po proceni, bilo moguće sekvencirali za samo 1000 sadašnjih funti genom jednako velik kao dati genom. Za genom veličine kvasca, treba da čekamo samo do 2020. godine. Procenjeno je da bi se novi genom sisara (po ovom okvirnom proračunu, svi sisari su podjednako skupi), mogao sekvencirali do 2040. godine. Pred nama je uzbudljiv poduhvat: stvaranje ogromne baze podataka koja će sadržati sekvence DNK prikupljene, jeftino i jednostavno, sa svih strana životinjskog i biljnog carstva. Detaljnim poređenjem DNK popuniće se sve praznine u našem saznanju o stvarnoj evolucionoj povezanosti svake vrste sa svim drugim vrstama: bićemo sasvim sigurni u to kako izgleda celo porodično stablo svih živih bića.[70] Ko zna kako ćemo to prikazati, jer za tako dobijene rezultati premale su sve postojeće veličine papira.

Dosad najopsežniji pokušaj da se ti rezultati prikažu načinio je Dejvid Hilis. Dejvid je brat Denija Hilisa koji je izumeo jedan od prvih superračunara. U Hilisovom nacrtu, dijagram stabla je kompaktniji jer je uvijen ukrug. Ne možete da vidite rez tamo gde se skoro spajaju dva kraja, ali

on se nalazi između bakterije i arhebakterije. Da biste shvatili koncept ovakvog kružnog prikaza, pogledajte sjajnu svedenu verziju koju kao tetovažu nosi na svojim leđima Kler Dalberto. Kler je diplomirala na Univerzitetu u Melburnu, a njena ljubav prema zoologiji ne vidi se samo na njenoj koži. Velikodušno mi je dopustila da u ovoj knjizi objavim i fotografiju njene tetovaže (strana 25 u boji). Tu tetovažu čini mali uzorak od 86 vrsta (to je ujedno broj krajnjih izdanaka). Možete uočiti prazno polje u ovom kružnom nacrtu i zamisliti kako se krug odmotava. Po obodu kruga su malobrojne, pažljivo odabrane ilustracije bakterija, protozoa, biljaka, gljiva i četiri životinjska kola. Kičmenjaci su prikazani na desnoj strani, kao morski zmaj prekriven travom, koji je, začudo, riba, a u zaštiti mu pomaže to što liči na morske alge. Hilisov kružni nacrt je isti takav, samo što je na njemu prikazano tri hiljade vrsta. Imena im se pojavljuju po obodu kruga, ali su presitna da bi se mogla pročitati, reči *Homo sapiens* zamenjene su sa *You are here (Vi ste ovde).* Ako znate da su pacovi i miševi najbliži čovekovi srodnici koji su mogli stati u ovaj krug, steći ćete sliku o tome kako je razuđen prikaz elemenata na stablu čak i u ovako velikom nacrtu. Sisari su drastično redukovani da bi se mogle smestiti sve grane stabla do istog nivoa. Samo zamislite kako bi bilo da nacrtate slično stablo s deset miliona vrsta umesto s tri hiljade koliko ih ovde ima. Pri tom, deset miliona nije najekstravagantnija procena broja živih vrsta. Vredi preuzeti Hilisovo stablo s Web lokacije (videti belešku na kraju knjige), odštampati ga i okačiti na zid. Papir bi, kako preporučuju, trebalo da bude širok najmanje metar i po.



Hilisov nacrt

MOLEKULARNI ČASOVNIK

Kad govorimo o molekulima, moramo se osvrnuti na nedovršeno razmatranje iz poglavlja o evolucionim časovnicima. U njemu smo se bavili godovima i raznim vrstama radioaktivnih časovnika, ali izbegavali smo da proširimo temu na takozvani molekularni časovnik dok ne saznamo više o drugim vidovima molekularne genetike. Sada je kucnuo čas. Smatrajte da je ovaj odeljak dodatak poglavlju o časovnicima.

Za molekularni časovnik, evolucija je istinita i odvija se dovoljno konstantno u geološkom vremenu da bi i sama mogla biti svojevrstan časovnik, pod uslovom da se može kalibrisati pomoću fosila (a oni se kalibrišu primenom radioaktivnih časovnika). Sveća na časovniku - sveći gori nepromenljivom i poznatom brzinom, na vodenom satu voda curi iz vedra brzinom koja se može kalibrisati, dok se klatno na velikom satu s tegovima njiše konstantnom brzinom. Isto tako, pretpostavlja se da i u radu molekularnog časovnika postoje izvesni aspekti *same* evolucije koji se odvijaju nepromenljivom brzinom. Ta nepromenljiva brzina može se kalibrisati u odnosu na one delove evolucionih zapisa koji su potkrepljeni fosilima (kojima je moguće ustanoviti starost radioaktivnim datiranjem).

Kalibrisani molekularni časovnik može se primeniti u drugim delovima evolucionog procesa koji nisu potpuno rasvetljeni na osnovu fosilnih ostataka. Može se, na primer, iskoristiti za životinje koje nemaju čvrst skelet i retko se pretvaraju u fosile.

To je dobra ideja, ali odakle nam pravo da se nadamo kako smo u stanju da otkrijemo evolucione procese koji se odvijaju nepromenljivom brzinom? Iz brojnih dokaza vidimo da su brzine odvijanja evolucionih procesa vrlo promenljive. Mnogo pre nego što smo stupili u moderno doba molekularne biologije, Dž. B. S. Holdejn predložio je da se uvede jedinica *darvin* kao mera evolucione brzine. Pretpostavimo da se, tokom evolucionog vremena, pojedine izmerene karakteristike životinje postojano menjaju u određenom smeru. Recimo, povećava se prosečna dužina noge. Ako se u periodu od milion godina dužina noge povećava za faktor *e* (2,718...; taj broj je izabran radi jednostavnijeg matematičkog proračuna u koji ne moramo zalaziti),[71] onda brzina evolucione promene iznosi jedan darvin. Holdejn je izračunao da brzina evolucije konja iznosi približno 40 milidarvina. Utvrđeno je da bi evoluciju domaćih životinja u uslovima veštačke selekcije trebalo meriti kilodarvinima. Brzina evolucije gupika prenetih u vodu u kojoj nema predatora (poglavlje 5), procenjena je na 45 kilodarvina. Evolucija živih fosila, u koje se ubraja *Lingula* (strana 134) verovatno bi se merila mikrodarvinima. Shvatili ste: prosečne brzine evolucije elemenata koje možete videti i izmeriti, kao što su noge i kljunovi, međusobno se umnogome razlikuju.

Ako su prosečne brzine odvijanja evolucionih procesa toliko međusobno različite, otkud se nadamo da ih možemo koristiti kao časovnik? Spas nam donosi molekularna genetika. Na prvi pogled, nije jasno kako u tome možemo uspeti. Kad se razviju merljive karakteristike kao što je dužina noge, mi vidimo spoljašnju i očitu manifestaciju genetičke promene u pozadini. Kako je, onda, moguće da brzine promene na molekularnom nivou obezbede valjan časovnik a da to ne mogu brzine evolucije noge ili krila? Ukoliko noge i krila pretrpe promene čije su brzine odvijanja u rasponu od mikrodarvina do kilodarvina, zašto bi molekuli bili imalo pouzdaniji kao satovi? Zato što su genetičke promene koje se ogledaju u spoljašnjoj i očitoj evoluciji - na nogama i rukama, na primer - samo vrh ledenog brega, i to onaj deo na koji snažno utiče promenljiva prirodna selekcija. Genetička promena na molekularnom nivou uglavnom je *neutralna,* pa se može očekivati da se odvija brzinom koja nema nikakve veze s korisnošću te promene i mogla bi

biti približno jednaka u svim genima. Neutralna genetička promena ne utiče na opstanak životinje, što je korisna preporuka za časovnik, pa bi se očekivalo da geni koji utiču na opstanak, bilo pozitivno ili negativno, evoluiraju promenljivom brzinom.

Kad su naučnici, između ostalih i veliki japanski genetičar Moto Kimura, prvi put predstavili neutralnu teoriju molekularne evolucije, utisak je bio da je ta teorija kontroverzna. Njena verzija je danas široko prihvaćena, a ja ću je uvesti u ovu knjigu ne bavećи se mnogo iznošenjem detaljnih dokaza. Pošto me bije glas da sam neprevaziđeni „adaptacionista" (navodno opsednut prirodnom selekcijom kao glavnom, štaviše jedinom, pokretačkom snagom evolucije), a čak i ja podržavam neutralnu teoriju, to je znak da je malo verovatno kako će joj se protiviti mnogo drugih biologa![72]

Iako se neutralna mutacija lako meri pomoću tehnika molekularne genetike, ona nije pod uticajem prirodne selekcije, bilo pozitivno ili negativno. „Pseudogeni" su neutralni zbog jednog razloga: oni su jednom učinili nešto korisno ali su sada gurnuti u stranu i nikada se ne prepisuju ili transliraju. Životinje bi sasvim lepo mogle i bez tih gena, jer ne doprinose njihovoj dobrobiti. Ali za naučnike, pseudogeni su i te kako bitni, i upravo su nam oni potrebni za evolucioni časovnik. Pseudogeni su samo jedna klasa onih gena koji se nikad ne transliraju u embriologiji. Ima i drugih klasa koje naučnici radije uzimaju za molekularne satove, ali neću sada ulaziti u detalje. Pseudogeni su korisni jer su prava muka za kreacioniste. Čak je i njihova maštovita ingenioznost na velikoj probi kad treba iznaći uverljiv razlog zašto bi inteligentni tvorac osmislio pseudogen - gen koji ne radi ama baš ništa a izgleda kao ocvala verzija gena koji je nekad nečemu služio - osim ako to nije učinio namerno, da bi nas nasamario.

Na stranu pseudogeni, čudesna je činjenica da najveći deo genoma (95 procenata u slučaju ljudskog genoma) ne bi ni morao postojati, jer ne sadrži korisne informacije. Neutralna teorija primenjuje se čak i na mnoge gene u preostalih pet procenata - gene koji se čitaju i koriste. Primenjuje se i na gene koji su apsolutno neophodni za opstanak. Ovde moram biti sasvim jasan. Ne kažem da gen na koji se primenjuje neutralna teorija ne utiče na organizam, nego da verzija gena koja mutira ima potpuno isti efekat kao verzija koja ne mutira. Koliko god gen bio bitan ili nebitan, dejstvo mutirane verzije isto je kao i ono nemutirane verzije. Za razliku od pseudogena, kad se sam gen može opisati kao neutralan, ovde je reč o onim slučajevima kad se samo *mutacije* (to jest promene u genima), a ne sami geni, mogu strogo opisati kao

neutralne.

Mutacije su neutralne iz više razloga. Kod DNK je degenerativan. To je tehnički izraz kojim se označava da su neke kodne „reči" sinonimi.[73] Kad gen mutira u neki svoj sinonim, to ne morate ni nazvati mutacijom. Istina, to nije mutacija, bar što se tiče posledica koje ima po organizam. Iz istih razloga to nije mutacija ni što se tiče prirodne selekcije. Ali jeste mutacija sa stanovišta molekularnih genetičara jer je oni mogu uočiti pomoću svojih metoda. Na primer, ja promenim font za neku reč pa, recimo, kengur napišem kao kengur. Reč i dalje možete pročitati i njome se još uvek označava australijska skakutava životinja. Promena slovnog lika iz Miniona u Helveticu uočljiva je ali nevažna za značenje reči.

Nisu sve neutralne mutacije tako neutralne. Ponekad se nov gen translira u drugačiji protein, ali aktivni deo novog proteina isti je kao u starom (setite se pažljivo oblikovanih udubljenja s kojima smo se susreli u poglavlju 8). Shodno tome, takav sled događaja nema gotovo nikakvog efekta na embrionski razvoj organizma. Nemutirani i mutirani oblik gena i dalje su sinonimi kad se posmatra njihov uticaj na organizme. Moguće je (mada ultradarvinisti poput mene nisu skloni toj ideji) i to da pojedine mutacije zaista menjaju organizam, ali tako da ni na koji način ne utiču na njegov opstanak.

Hajde da zaokružimo izlaganje o neutralnoj teoriji. Kad se kaže da je gen neutralan ili da je mutacija neutralna, to nužno ne znači da je sam gen beskoristan. Gen bi mogao biti suštinski značajan za opstanak životinje. Neutralnost gena ili mutacije znači da se mutirani oblik gena - koji može ili ne mora biti važan za opstanak - ne *razlikuje* od nemutiranog oblika po tome kako utiče na opstanak (a taj uticaj može biti vrlo bitan). Verovatno nećemo pogrešiti ako kažemo da je većina mutacija neutralna. Prirodna selekcija ne primećuje te mutacije, ali uočavaju ih molekularni genetičari; to je idealna kombinacija za evolucioni časovnik.

Ništa od rečenog ne umanjuje važnost vrha ledenog brega - onog manjeg broja mutacija koje nisu neutralne. Upravo su te mutacije izabrane, s pozitivnim ili negativnim efektima, u evoluciji poboljšanja. Mi vidimo efekat baš tih mutacija - a „vidi" ga i prirodna selekcija. Selekcija tih mutacija, i nijednih drugih, stvara kod živih bića iluziju o smišljenom dizajnu koja ostavlja bez daha. Ali kad govorimo o molekularnom satu, nas zanima ostatak tog ledenog brega - neutralne mutacije kojih ima mnogo više.

Kako prolazi geološko vreme, genom doživljava niz mutacija. U onom

malom delu genoma u kome su mutacije zaista bitne za opstanak, prirodna selekcija odbacuje loše mutacije i favorizuje povoljne. S druge strane, neutralne mutacije se gomilaju, nekažnjene i neprimećene - osim što na njih obraćaju pažnju molekularni genetičari. Na ovom mestu treba nam nov tehnički izraz: *fiksacija.* Nova mutacija, ako je istinski nova, biće slabo zastupljena u genskom fondu. Ako se vratite tom genskom fondu za milion godina, moguće je da će učestalost mutacije narasti do 100 procenata ili blizu te vrednosti. U slučaju da se to dogodi, za tu mutaciju se kaže da je fiksirana. Nadalje je ne posmatramo kao mutaciju, jer je postala norma. Najočigledniji način da mutacija doživi fiksaciju jeste da je favorizuje prirodna selekcija. Postoji i drugi način - da se fiksacija desi slučajno. Kao što nekada dično porodično ime može nestati jer nema muških potomaka koji bi ga poneli, tako i alternative mutaciji mogu nestati iz genskog fonda. Sama mutacija može se učestalije pojavljivati u genskom fondu, za šta bi bio zaslužan isti sticaj okolnosti zbog kog je Smit postalo najčešće prezime u Engleskoj. Naravno da je zanimljivije kad postoji valjan razlog da gen pretrpi fiksaciju - a to je prirodna selekcija - no, to se može desiti i pukom slučajnošću, s obzirom na dovoljno veliki broj generacija. A geološko vreme je enormno pa neutralne mutacije mogu biti fiksirane u predvidljivim intervalima. Njihovi intervali variraju, ali to je odlika određenih gena. Imajući u vidu činjenicu da je većina mutacija neutralna, upravo zbog te odlike moguće je da funkcioniše molekularni časovnik.

Za molekularni časovnik bitna je fiksacija, jer kad poredimo dve savremene životinje u nastojanju da procenimo kad su se razdvojili njihovi preci, mi analiziramo fiksne gene. Vrste odlikuju fiksni geni. U genskom fondu, fiksni geni nisu univerzalni. Da bismo utvrdili koliko je vremena proteklo od kad su se dve vrste razdvojile, poredimo gene koji su postali fiksni u jednoj vrsti s genima koji su postali fiksni u drugoj vrsti. Ne ide sve glatko, ali o tome ovde neće biti reči jer smo Jan Vong i ja opširno pisali o komplikacijama u „Epilogu priče o baršunastom crvu" („The Epilogue to the Velvet Worm's Tale"). Uz izvesne ograde i razne važne korektivne faktore, molekularni časovnik funkcioniše.

Baš kao što radioaktivni časovnik otkucava vrlo promenljivom brzinom, s vremenom poluraspada u rasponu od delića sekunde do desetina milijardi godina, tako su i različiti geni zaslužni za čudesnu raznovrsnost molekularnih časovnika kojima se mogu meriti evolucione promene u bilo kom periodu od milion do milijardu godina. Kao što svaki radioaktivni izotop ima

karakteristično vreme poluraspada, tako i svaki gen ima karakterističnu brzinu promene - brzinu pri kojoj nove mutacije tipično pretrpe fiksaciju po principu slučajnosti. Brzina promena gena za histone obično je milijardu godina po mutaciji. Geni za fibrinopeptide menjaju se hiljadu puta brže i kod njih se jedna mutacija desi na svakih milion godina. Citohrom C i gomila gena za hemoglobin prolaze kroz međupromene, a vreme tokom kog pretrpe fiksaciju meri se milionima i desetinama miliona godina.

Ni radioaktivni ni molekularni časovnici ne otkucavaju ravnomerno kao klatno ili kazaljka mehaničkog časovnika. Kad biste ih čuli kako kucaju, zvučali bi kao Gajgerov brojač. To se pre svega odnosi na radioaktivne časovnike jer biste ih poslušali upravo pomoću Gajgerovog brojača. Gajgerov brojač ne otkucava ravnomerno kao časovnik nego sporadično, čudnim, štucavim otkucajima. Tako bi zvučale mutacije, i fiksacije, kad bismo ih mogli čuti na nesagledivo dugoj geološkoj vremenskoj skali. Ali, bilo da otkucava na preskok, kao Gajgerov brojač, ili metronomski, kao časovnik, pokazatelj vremena bi trebalo da otkucava u poznatim *prosečnim* intervalima. To rade i radioaktivni i molekularni časovnici.

O molekularnom časovniku prvo sam rekao da je za njega evolucija činjenica i da se stoga može upotrebiti u dokazima u prilog evoluciji. Ali sada, kad sam obrazložio kako časovnici funkcionišu, vidimo da sam bio suviše pesimističan. Samo postojanje pseudogena - beskorisnih gena koji se ne mogu prepisati a liče na korisne gene - savršeno ilustruje kako je istorija razvoja životinja i biljaka ispisana svud po njima. Ali ta tema sačekaće da pređemo na sledeće poglavlje.

POGLAVLJE 11

ISTORIJA ISPISANA SVUD PO NAMA

POČEO sam ovu knjigu slikom nastavnika latinskog koji je primoran da gubi vreme i energiju braneći stav da su Rimljani i njihov jezik postojali. Razmislimo još malo o tome i upitajmo se kakvi su, zapravo, dokazi u prilog tvrdnje da je bilo Rimskog carstva i latinskog jezika. Živim u Britaniji gde je, kao i svuda po Evropi, Rim ostavio svoj pečat, izbrazdao svoje puteve po krajolicima, prepleo svoj jezik s našim, a svoju istoriju utkao u našu književnost. Prošetajte se duž Hadrijanovog zida, koji meštani radije zovu Rimski zid. Ja sam to činio svake nedelje - mi, učenici internatske škole u (srazmerno) novom Salisberiju, išli smo jedan za drugim, u koloni, do rimske kamene utvrde u Old Sarumu i družili se sa zamišljenim duhovima mrtvih ratnika. Raširite kakvu staru vojnu mapu Engleske. Gde god ugledate dugačak drum, prav kao strela, naročito tamo gde preseca zelena polja, ili gde se pruža kolski put koji kao da je povučen lenjirom - gotovo uvek ćete naći rimski potpis na njemu. Ostaci Rimskog carstva na svakom su koraku.

I istorija živih bića ispisana je svud po njima. Živa bića su prepuna bioloških ekvivalenata rimskih puteva, zidova, spomenika, ostataka keramičkih posuda, čak i drevnih zapisa utisnutih u živu DNK, koji spremno čekaju da ih naučnici rastumače.

Prepuna su? Da, doslovno. Kad se prehladite, ili se strašno uplašite, ili vas uzdrma nestvarno zanatsko umeće u Šekspirovim sonetima, naježite se. Zašto? Zato što su vaši preci bili normalni sisari s dlakama po celom telu koje su se kostrešile i spuštale na zapovest osetljivih telesnih regulatora temperature. Ako je bio mraz, dlake su se podizale kako bi se među njima zadržalo više vazduha. Za toplih dana, omotač se spuštao, da se lakše telo

rashladi. Kasnije tokom evolucije, sistem kostrešenja dlaka preuzet je u svrhe društvene komunikacije i postao je deo „ispoljavanja emocija”, što je Darvin među prvima uočio i naveo u knjizi kojoj je nadenuo ime upravo po toj sintagmi *(Expression of the Emotions).* Ne mogu da odolim a da s vama ne podelim sledeće redove - tipično Darvinove - iz te knjige:

> Gospodin Saton, promućurni čuvar zoološkog vrta, pažljivo je posmatrao, po mojim instrukcijama, šimpanzu i orangutana; i veli da im se dlake nakostreše kad se iznenada uplaše, od groma, ili kad se razljute, na primer kad ih draškaju. Video sam šimpanzu koja se uzbunila ugledavši crnog utovarivača uglja, i dlaka joj se nakostrešila po celom telu... Uneo sam prepariranu zmiju u odeljak s majmunima i nekolicini se dlaka odmah izdigla... Kad sam prepariranu zmiju pokazao pekariju, dlaka mu se čudesno nakostrešila duž leđa; a isto se dešava i s veprom kad se razbesni.

Dlake na vratu kostreše se u ljutnji. Isto tako i u strahu dlake se usprave kako bi naizgled povećale telo pa da se uplaše opasni suparnici ili grabljivci. Čak i mi, goluždravi čovekoliki majmuni, još uvek posedujemo mehanizam za kostrešenje nepostojećih (ili jedva postojećih) dlačica, i to zovemo *jeza.* Mehanizam za kostrešenje dlaka je *ostatak*, nefunkcionalni relikt nečega što je imalo praktičnu svrhu za naše davno umrle pretke. Zaostale dlačice samo su jedan od brojnih primera istorije koja je ispisana svuda po nama. One su uverljiv dokaz da se evolucija odigrala, i to dokaz koji se ne temelji na fosilima nego na modernim životinjama.

U prethodnom poglavlju, kad sam uporedio delfina s doradom, prilično velikom ribom, videli smo da ne moramo tragati mnogo duboko po delfinu kako bismo otkrili istoriju njegovog života na kopnu. I pored delfinove hidrodinamične, ribolike spoljašnjosti, a uprkos činjenici da sada ceo životni vek provodi u vodi, te da bi vrlo brzo umro ako bi se nasukao, njemu - ali ne i doradi - „kopneni sisar” utkan je u samu srž. Delfin ima pluća a ne škrge i, kao svaka kopnena životinja, udaviće se ako ga nešto spreči da izroni i udahne vazduh, premda može da zadrži dah mnogo duže od kopnenog sisara. Na svakakve načine je njegov disajni aparat izmenjen kako bi se prilagodio vodenom svetu. Umesto da diše kroz dve male nozdrve na kraju nosa, što je uobičajeno za sve kopnene sisare, delfin ima jednu nozdrvu na vrhu glave i kroz nju diše samo neposredno pošto izroni. Ta „disaljka” ima čvrsto stegnut ventil-zaptivač koji sprečava da voda izađe; otvor je širok kako bi se što manje vremena utrošilo na disanje. Godine 1845, u prepisci s članovima

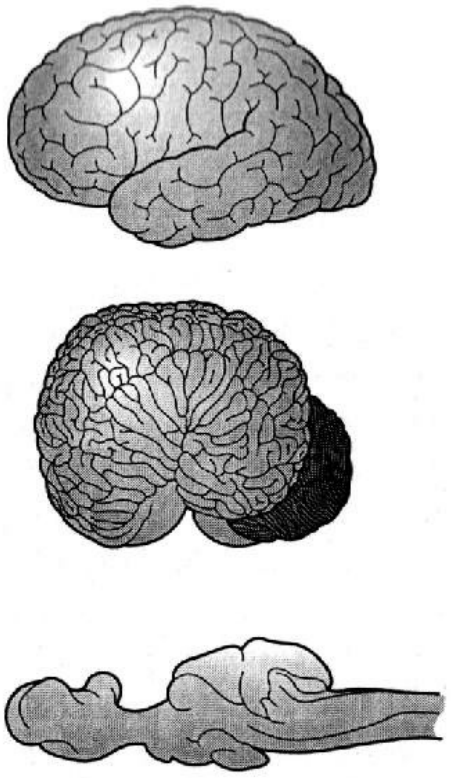
Kraljevskog društva, kome je pripadao i Darvin te je stoga vrlo lako mogao tu prepisku pročitati, Fransis Sibson je napisao: „Mišići koji otvaraju i zatvaraju disaljku i koji funkcionišu u raznim šupljim organima, čine jedan od najsloženijih a ujedno i najfinije podešenih mehanizama koje su oblikovale priroda ili umetnost". Delfinova disaljka je primer velikog upiranja da se ispravi problem koji nikad ne bi ni postojao da delfini dišu na škrge, kao ribe. A mnogi detalji na disaljki mogu se posmatrati kao korekcije sekundarnih problema koji su iskrsli kad su životinje počele unositi vazduh preko vrha glave a ne (više) kroz nozdrve. Pravi stvaralac odmah bi planirao da se otvor nađe na vrhu glave - to jest, ako ne bi odlučio da odmah ukine pluća i opredeli se za škrge. U ovom poglavlju stalno ćemo nailaziti na primere da se u evoluciji korigovala prvobitna „greška" ili istorijski relikt i to preko naknadne kompenzacije i doterivanja umesto kroz vraćanje pred tablu za crtanje, kako bi pravi stvaralac učinio. Kako bilo, detaljan i složen put do nastanka disaljke uverljiv je dokaz da su daleki preci delfina živeli na kopnu.

Na nebrojeno mnogo drugih načina moglo bi se pokazati da je istorija delfina i kitova ispisana svuda po njima i u njima, poput tragova rimskih drumova povučenih kao prave crte - kolske, konjske i pešačke staze po mapi Engleske. Kitovi nemaju zadnje udove, ali sićušne kosti, duboko u njihovom telu, ostaci su karličnog pojasa i zadnjih udova njihovih davno nestalih nogatih predaka. Isto važi i za sirene ili morske krave (dosad sam ih nekoliko puta pomenuo: lamantini, dugonzi i osmometarske Stelerove morske krave koje su ljudi lovili do istrebljenja).[74] Sirene su znatno drugačije od kitova i delfina, ali one su uz njih jedina grupa potpuno morskih sisara koji nikad nisu pohodili obalu. I dok su delfini brzi, aktivni i inteligentni mesožderi, lamantini i dugonzi su spori, pospani biljojedi. Kad sam obišao akvarijum s lamantinima u zapadnoj Floridi, jedini put nisam bio besan zbog glasne muzike iz zvučnika. Tamo su puštali uspavljujuću muziku koja se činila tako prikladna da sam zaboravio na ljutnju. Lamantini i dugonzi plutali su bez naprezanja u hidrostatičkoj ravnoteži, ne pomoću ribljeg mehura kao što to čine ribe nego koristeći teške kosti kao ravnotežu prirodnom potisku svoga gabaritnog tela. Zato im je specifična težina vrlo slična specifičnoj težini vode, i mogu da joj se fino prilagođavaju uvlačenjem ili širenjem grudnog koša. Preciznost s kojom kontrolišu potisak dodatno je povećana time što poseduju zasebne duplje za svako plućno krilo: oni imaju dve dijafragme.

Delfini i kitovi, dugonzi i lamantini rađaju žive bebe, kao i svi sisari. To nije uobičajeno samo za sisare. Mnoge ribe su živorotke, ali žive mladunce

donose na svet na bitno drugačiji način (zapravo, radi se o izvanrednoj raznovrsnosti bitno drugačijih načina koji su sigurno evoluirali nezavisno jedni od drugih). Posteljica delfina je, nema sumnje, kao kod drugih sisara, a svojstveno im je i to da doje mlade. I mozak im, nesumnjivo, ima odlike mozga sisara, i to vrlo naprednih. Moždana kora sisara je sloj sive mase omotane oko spoljašnje strane mozga. Postati pametniji, uglavnom znači povećati oblast tog sloja. To se može učiniti tako što se poveća i mozak i lobanja u kojoj je smešten. Ali velika lobanja ima i svojih loših strana. Kao prvo, teže ju je nositi. Zato pametni sisari nastoje da povećaju oblast sive mase a da ne pomeraju granice zadate veličinom lobanje, i to postižu tako što ceo taj sloj jako namreškaju pa ima duboke nabore i procepe. Zbog toga ljudski mozak izgleda kao naborani kesten, a mozak delfina i kitova jedini može parirati po naboranosti mozgu čovekolikih majmuna. Mozak riba nema nikakve nabore. On nema ni moždanu koru i sićušan je spram mozga delfina ili čoveka. Sisarsko poreklo delfina duboko je urezano u naboranu površinu njihovog mozga. On je deo njihove sisarske osobenosti, zajedno s posteljicom, mlekom, srcem s četiri komore, donjom vilicom s jednom kosti, toplokrvnošću i mnogim drugim specifičnim sisarskim odlikama.

Toplokrvnim životinjama zovemo sisare i ptice, ali one, zapravo, imaju sposobnost da održavaju telesnu temperaturu bez obzira na temperaturu okoline. To je dobra zamisao, pošto omogućava da se hemijske reakcije u ćeliji optimizuju tako da funkcionišu najbolje što mogu pri određenoj temperaturi. „Hladnokrvne" životinje nisu nužno hladne. Gušter će imati topliju krv od sisara ako se oboje nađu u Sahari u po bela, sunčana dana. Isto tako, krv će mu biti hladnija od krvi sisara ukoliko se zateknu na snegu. Sisar sve vreme ima istu temperaturu, i mora se mnogo namučiti da bi je održao pomoću svojih unutrašnjih mehanizama. Gušteri regulišu telesnu temperaturu spoljašnjim sredstvima - izlaze na sunce kad treba da se zagreju i sklanjaju se u hlad kad treba da se ohlade. Sisari preciznije podešavaju svoju telesnu temperaturu i delfini tu nisu izuzetak. Opet se pokazalo da je njihovo sisarsko poreklo ispisano svud po njima, iako su se vratili životu u moru gde mnoga stvorenja ne održavaju konstantnu temperaturu tela.



Ljudski mozak (gore),
mozak delfina (u sredini)
i mozak potočne pastrmke (dole)
(nisu u razmeri)

NEKADA PONOSNA KRILA

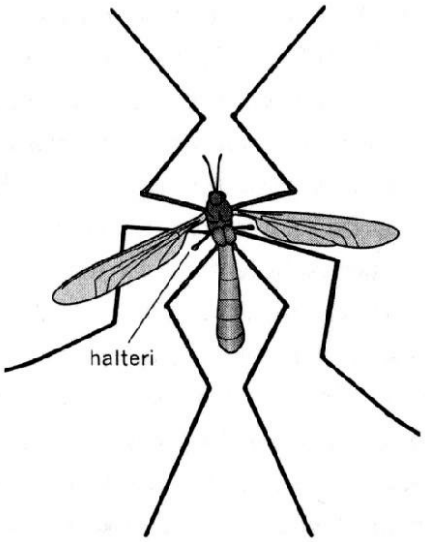
Tela kitova i morskih krava obiluju istorijskim reliktima a mi ih opažamo zato što se sredina u kojoj žive umnogome razlikuje od one u kojoj su živeli njihovi kopneni preci. Slično načelo se primenjuje i na ptice koje su izgubile sposobnost letenja i opremu za letenje. Ne lete sve ptice, ali sve ptice poseduju barem ostatke aparata za letenje. Nojevi i emui su brze ptice trkačice koje nikad ne lete, ali imaju zakržljala krila kao zaostavštinu svojih dalekih letećih predaka. Štaviše, kod noja ti patrljci krila nisu sasvim izgubili upotrebnu vrednost. Iako su premala da bi poslužila za letenje, ona pomažu u održavanju ravnoteže i smera prilikom trčanja, a imaju ulogu i u socijalnim i seksualnim kontaktima. Krila kivija premalena su da bi se zapazila ispod finog perjanog ogrtača, ali ostaci kosti krila još su tamo. Moa je sasvim izgubila krila. Uzgred, na Novom Zelandu, postojbini ptice moa, ima mnogo ptičjih vrsta koje ne lete, verovatno zato što su usled odsustva sisara ostale

otvorene niše pa su ih popunila sva stvorenja kadra da tamo dolete. Ali ti leteći pioniri koji su prispeli na svojim krilima kasnije su izgubili krila jer su preuzeli uloge odsutnih kopnenih sisara. To se verovatno ne odnosi na same moe čiji su preci, tako se zadesilo, prestali da lete pre nego što se južni superkontinent Gondvana raspao na manje površine, od kojih je jedna Novi Zeland, a na svakoj je ostao deo gondvanskih životinja. Ali svakako se odnosi na kakapoe, novozelandske papagaje koji ne lete, a čiji su leteći preci po svoj prilici živeli donedavno jer kakapoi i dalje pokušavaju da lete iako nemaju opremu za to. Evo šta je o njima rekao besmrtni Daglas Adams u knjizi *Poslednja prilika da se vidi (Last Chance to See):*

> To je ptica užasno debela. Poveća odrasla jedinka teži između tri i tri i po kilograma, a krila su joj taman dobra da poskoči ako pomisli da će se spotaći o nešto - no nema ni pomena o letenju. Tužno je što izgleda da kakapo ne samo da je zaboravio da leti nego je i zaboravio da je zaboravio da leti. Očito ozbiljno zabrinuti kakapo ponekad će se uzverati uz drvo i skočiti s njega pa će poleteti kao cigla i stropoštati se na zemlju kao čudna gromuljica.

Noj, crnu i rea velike su trkačice, dok su pingvini i galapagoski kormorani neletači - izvrsni plivači. Imao sam divnu priliku da plivam s tim kormoranima u velikom kamenom bazenu na ostrvu Izabeli. Ushićeno sam posmatrao s kakvom brzinom i okretnošću uočavaju podvodne pukotine, a od toga koliko tamo provedu, ostajete bez daha (mada sam ja imao disalicu). Za razliku od pingvina, koji svoja kratka krila koriste za „podvodno letenje", galapagoski kormorani odguruju se snažnim nogama i ogromnim stopalima s plovnom kožicom, a krila koriste samo kao stabilizatore. Ali jasno je da su sve ptice koje ne lete, a davno su izgubile krila - među njima i nojevi i njima slične vrste - potomci ptica koje su krila koristile za letenje. Nijedan razuman posmatrač ne bi mogao ozbiljno posumnjati u istinitost te tvrdnje. To znači da bi svi koji o tome razmisle trebalo da zaključe kako je vrlo teško - a zašto ne i nemoguće? - sumnjati u činjenicu o evoluciji.

I brojne grupe insekata izgubile su krila ili su ih znatno smanjile. Za razliku od insekata koji nisu ni imali krila, kakva je srebrna ribica, buve i vaši izgubile su krila svojih predaka. Ženke gubara imaju nerazvijene mišiće krila i ne lete. Nije ni potrebno da lete, jer mužjaci lete oko njih privučeni hemijskim mamcima koje mogu osetiti i u neverovatno malim količinama. Kad bi se ženke kretale kao i mužjaci, taj sistem verovatno ne bi funkcionisao jer dok mužjak doleti do hemijskog mamca, izvor se već premestio!



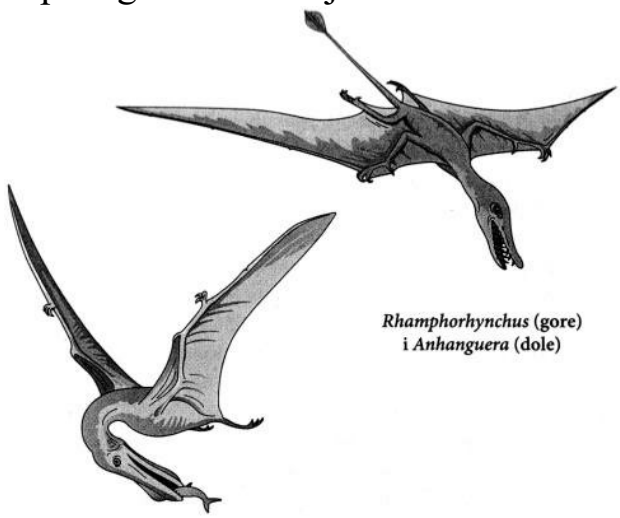
Mlatilice (halteri) na dugonogom komarcu

Za razliku od većine insekata koji imaju četiri krila, muve su dvokrilci, na šta ukazuje i njihovo latinsko ime - Diptera. Drugi par krila sveo se na par „mlatilica" (haltera). Ta se krilca njišu kao kad velikom brzinom mlatite indijskim palicama (keglama), na koje i podsećaju, a funkcionišu kao sićušni žiroskopi. Kako znamo da su te mlatilice potomci predačkih krila? Nekoliko je argumenata. Nalaze se tačno na istom mestu na trećem segmentu grudnog dela na kom se nalaze i krila za letenje na drugom segmentu (kod drugih insekata su krila za letenje i na drugom i na trećem segmentu). Kad se pokreću, prave istu šaru u obliku osmice kao i krila za letenje. Embriologija im je ista kao kod krila, samo nisu na istom segmentu. Premda su sićušni, ako ih pažljivo posmatrate, naročito tokom razvoja, videćete - ukoliko niste poricatelj evolucije - da su to zakržljala krila, očigledna modifikacija predačkih krila. Kao potvrda ove priče poslužiće i mutantne vinske mušice, takozvani homeotski mutanti, sa abnormalnom embriologijom, kojima ne izrastu mlatilice nego drugi par krila, kao kod pčele ili bilo kod drugog insekta.

Kako bi izgledali prelazni oblici između krila i mlatilica, i zašto bi prirodna selekcija favorizovala te prelazne oblike? Kakva je korist od pola mlatilice? Dž. V. S. Pringl, moj stari profesor sa Oksforda, koji je zbog svog nepristupačnog ponašanja i krutog držanja zaradio nadimak Nasmejani Džon, najviše se bavio funkcionisanjem mlatilica kod insekata. Ukazao je na to da su u podnožju svih krila insekata smešteni maleni čulni organi koji detektuju

vrtložne i druge sile. Ti čulni organi u podnožju mlatilica vrlo su slični - što je još jedan dokaz da su mlatilice modifikovana krila. Mnogo pre nego što su mlatilice evoluirale, iz tih čulnih organa u podnožju krila stizale su informacije do nervnog sistema pa su na osnovu njih krila brzo klepetala i ponašala se kao rudimentarni žiroskopi. Budući da je svaka leteća mašina po prirodi nestabilna, mora to nadoknaditi sofisticiranim instrumentima kakvi su, recimo, žiroskopi.

Vrlo je zanimljiva cela ta evolucija stabilnih i nestabilnih letača. Pogledajte ova dva pterosaura, izumrle leteće reptile, savremenike dinosaurusa. Svaki aero-inženjer reći će vam kako je *Rhamphorhynchus*, rani pterosaur pri vrhu slike, posve sigurno bio stabilan letač, jer je imao dugačak rep čiji je vrh izgledao kao reket za stoni tenis. *Rhamphorhynchusu* ne bi bila neophodna sofisticirana žiroskopska kontrola, kakvu imaju muve sa svojim mlatilicama, jer mu rep osigurava dovoljnu



Rhamphorhynchus (gore) i *Anhanguera* (dole)

stabilnost. S druge strane, isti inženjer rekao bi vam i to da te životinje nisu bile sposobne za velike manevre. U svakoj letelici uspostavlja se kompromis između stabilnosti i sposobnosti manevrisanja. Veliki Džon Majnard Smit, koji je bio konstruktor aviona pre nego što se vratio na univerzitet da studira zoologiju (sa obrazloženjem da su avioni bučni i zastareli), ukazao je na to da se leteće životinje mogu pomerati u evolucionom vremenu napred-natrag po spektru postignutog kompromisa. Tako ponekad izgube svojstvenu stabilnost kako bi povećale sposobnost manevrisanja, ali to nadoknade kroz brojniju aparaturu i mogućnost proračunavanja - snažniji mozak. Pri dnu slike je *Anhanguera,* kasni pterodaktil koji je živeo u periodu krede, otprilike 60 miliona godina posle *Rhamphorhynchusa* iz perioda jure. *Anhanguera* gotovo da nije ni imao rep,

kao sadašnji slepi miš. Isto kao on, ovaj pterodaktil je sigurno bio nestabilan letač i oslanjao se na aparaturu i proračunavanje kako bi postizao suptilnu, stalnu kontrolu nad delovima za letenje.

Naravno, *Anhanguera* nije imao mlatilice. Da bi dobio informaciju ekvivalentnu onoj koja se dobija upotrebom mlatilica, oslonio bi se na druge čulne organe, verovatno na polukružne kanale unutrašnjeg uha. Oni su uistinu bili poveliki kod onih pterosaura koji su analizirani - premda to donosi malo razočaranja za zastupnike hipoteze Majnarda Smita - bili su veliki i kod *Rhamphorhynchusa* i kod *Anhuangera.* Ali, vratimo se muvama. Pringl smatra da su četvorokrilni preci muva verovatno imali dugačak abdomen, što im je osiguravalo stabilnost. Četiri krila su služila kao rudimentarni žiroskopi. A onda su, kaže on, preci muva postepeno povećavali sposobnost manevrisanja i postajali sve manje stabilni kako im se abdomen skraćivao. Zadnja krila su počela poprimati izrazitiju žiroskopsku funkciju (koju su oduvek imala kao krila, ali manje izraženu), smanjivala su se i bivala sve teža u odnosu na svoju veličinu. Prednja krila su se pak povećavala i preuzimala letačku funkciju. Bila je to postepena, neprekinuta promena tokom koje su prednja krila preuzimala sve veći teret avijatike, a zadnja se smanjivala kako bi na sebe preuzela avioniku.

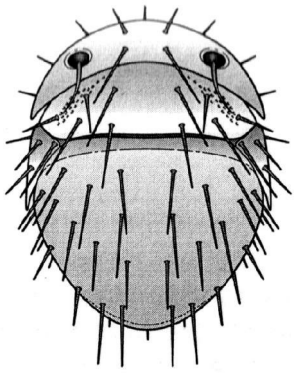
Mravi radnici su izgubili krila, ali nisu izgubili sposobnost da im izrastu krila. Istorija o njihovim krilima i dalje je zabeležena u njihovom telu. To znamo zato što matice (i mužjaci) imaju krila, a radnici su, zapravo, radnice - ženke koje su mogle biti matice, ali nisu to postale zbog uticaja sredine, a ne genetike.[75] Možda su radnice izgubile krila tokom evolucije jer su im smetala pod zemljom. Snažnu potrebu nalazimo u činjenici da matice krila koriste samo u jednoj prilici, da odlete iz svog gnezda u potrazi za mužjakom; potom se skrase kako bi iskopale rupu za nov mravinjak. Kad započnu novi, podzemni život, one se prvo oslobode krila, u pojedinim slučajevima doslovno ih odgrizu - a to je bolan (možda jeste, ko zna?) dokaz da im krila pod zemljom samo smetaju. Nije ni čudo što mravima radnicima ne rastu krila.

Verovatno su iz sličnih razloga mravinjaci i gnezda termita puni svakovrsnih beskrilnih parazita što se hrane bogatim ostacima koje neprestano dopremaju reke snabdevača. A krila su i njima smetnja isto koliko i samim mravima. Ko bi poverovao da je čudovište s desne strane muva?

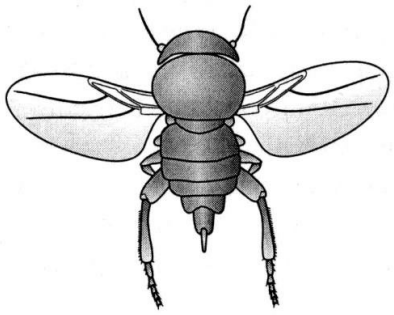
Pomno smo i detaljno proučili anatomiju ove živuljke i utvrdili da jeste muva, ali uz to i parazit koji obitava u gnezdima termita i pripada naročitoj

familiji muva po imenu *Phoridae.* Na slici dole je prikazan normalniji član iste familije, koji unekoliko podseća na krilate pretke čudnog beskrvnog stvorenja s prethodne slike, mada je i on parazit i nastanjuje se kod društvenih insekata - pčela. Videćete da su ova muva i ono čudovište slični po srpastom obliku glave. Zakržljala krila spodobe naziru se kao trouglići na bočnim stranama.

Iz još jednog razloga, ovi nedostojni i nezakonito useljeni stanari mravinjaka i termitskih gnezda, beskrilni su. Tokom evolucije, mnogi od njih (ali ne i muve iz familije *Phoridae*) stekli su zaštitnu sličnost s mravima, da bi zavarali mrave i/ili nasamarili moguće grabljivce koji bi mogli izabrati njih pored manje ukusnih i bolje zaštićenih mrava. Ko je u stanju da samo baci pogled i primeti da ovaj insekt na sledećoj strani, koji živi u mravinjacima, nije mrav nego buba? A kako mi to znamo? Na osnovu duboke i detaljne sličnosti s bubama koje uveliko premašuju manje važne osobine po kojima su ti insekti



Parazitska muva iz familije *Phoridae*



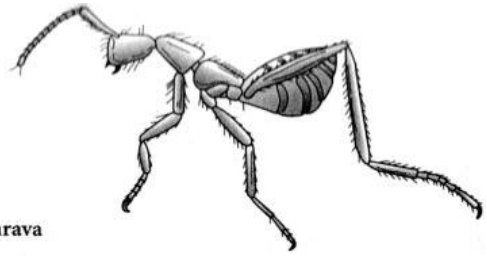
Još jedna muva iz familije *Phoridae*

slični mravima: upravo na isti način prepoznajemo da je delfin sisar a ne riba. Po ovom stvorenju ispisana je istorija njegovih predaka buba, izuzetak su (isto kao i kod delfina) osobine koje definišu njegov spoljašnji izgled, recimo beskrilnost i mravoliki profil.

IZGUBLJENE OČI

Isto kao što su mravi i njihovi podzemni saputnici izgubili krila pod zemljom, tako su i brojne druge vrste životinja koje žive u tmini pećina, bez svetla, izgubile oči i sad su, kako je i sam Darvin zabeležio, potpuno slepe. Rečju troglobit označava se životinja koja živi samo u najtamnijim delovima pećina i tako se privikla na to da nigde drugde ne može živeti.[76] U troglobite spadaju razne vrste daždevnjaka, riba, škampa, slatkovodnih rakova, stonoga, paukova, cvrčaka i mnogih drugih životinja. One su neretko bele, budući da su izgubile sav pigment, i slepe, jer su izgubile oči. Obično su zadržale ostatke očiju, a upravo zbog toga ih ovde i pominjemo. Ti očni ostaci su dokazi o evoluciji. Pošto pećinski daždevnjak živi u stalnoj pomrčini i ne koristi oči, zašto bi ga uzvišeni tvorac ipak opremio očima lažnjacima, koje nesumnjivo imaju veze sa očima ali nisu funkcionalne?

Evolucionisti, s druge strane, moraju imati objašnjenje za gubitak očiju koje više nisu bile potrebne. Zašto, upitao bi neko, da ne zadržite oči, pa i ako nikakve koristi od njih nema? Zar ne bi nekad



Buba prerušena u mrava

u budućnosti mogle zatrebati? Čemu ta gnjavaža pri odbacivanju? Usput, obratite pažnju na to koliko je teško odupreti se jeziku namere, svrhe i personifikacije. Strogo govoreći, nije trebalo da upotrebim reč gnjavaža, zar ne? Trebalo je da se izrazim otprilike ovako: „Kako to da pojedinačni daždevnjak koji je izgubio oči ima veće izglede za opstanak i razmnožavanje nego konkurentski daždevnjak koji je zadržao savršen par očiju, mada ih nikad ne koristi?”

Oči gotovo sigurno imaju svoju cenu. Ako ostavimo po strani prilično skromne troškove pri pravljenju oka, vlažna očna duplja - koja treba da bude otvorena kako bi pružila stanište pokretnoj očnoj jabučici s providnom površinom - može biti podložna infekciji. Zato je izglednije da preživi daždevnjak koji je sklonio oči ispod čvrste kože, nego njegov parnjak koji je zadržao oči.

Ali evo još jednog načina da se odgovori na to pitanje i za njega, dobro je

znati, nije potrebno govoriti finim jezikom, a još manje koristiti oblike za iskazivanje namere ili personifikaciju. Kad pominjemo prirodnu selekciju, zapravo mislimo na retke korisne mutacije koje se pojavljuju i kojima selekcija daje prednost. Ali mutacije su mahom nepovoljne, ako ni zbog čega drugog, ono zato što su slučajne i stoga što mnogo češće nešto pođe nagore nego nabolje.[77] Prirodna selekcija odmah kažnjava loše mutacije. Jedinke s lošim mutacijama imaju veće izglede da umru a manje da se reprodukuju, i na taj način se mutacija automatski uklanja iz genskog fonda. Genom svake biljke i životinje izložen je neprestanom bombardovanju - pravoj provali - štetnih mutacija. Pomalo kao Mesečeva površina na kojoj neprekidna kiša meteorita stalno stvara kratere. Uz poneki izuzetak, kad god neki gen za oko, na primer, pogodi kakva lešinarska mutacija, oko postane malo manje funkcionalno, malo manje sposobno da vidi, malo manje vredno da nosi svoje ime. Kod životinje koja živi na svetlu i koristi čulo vida, prirodna selekcija brzo uklanja iz genskog fonda takve štetne mutacije (većinu njih).

Ali u potpunoj tmini, štetne mutacije koje bombarduju gene za pravljenje očiju ne prolaze nekažnjeno. Ionako je nemoguće išta videti. Oko pećinskog daždevnjaka prolazi kao površina Meseca, s mutacionim kraterima koji nikad ne nestaju. Oko daždevnjaka koje je sviklo na dnevnu svetlost sličnije je Zemlji - spopadaju ga mutacije isto koliko i oko pećinskog stanara ali svaku štetnu mutaciju (krater) počisti prirodna selekcija (erozija). Naravno, priča o oku ovih pećinskih stanara nije samo negativna: ima tu i pozitivne selekcije kojom se favorizuje razvoj zaštitne kože preko osetljivih očnih duplji očiju koje postepeno gube svoju optičku moć.

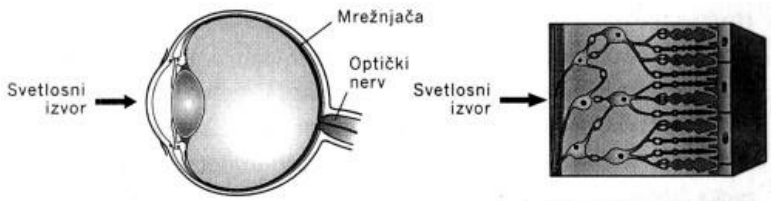
Među najzanimljivije relikte iz prošlosti ubrajaju se one karakteristike koje nečemu služe (pa stoga nisu zakržljali ostaci koji su nadživeli svoju svrhu), ali se čini da su za tu namenu loše skrojene. Oko kičmenjaka u svojim najboljim izdanjima - recimo kod jastreba ili čoveka - izuzetno je precizan instrument, sposoban da postigne finu rezoluciju kao najbolji modeli objektiva Cajs ili Nikon. To nam je poznato makar i zato što bi, u suprotnom, Cajs i Nikon gubili vreme praveći slike visoke rezolucije za naše oči. S druge strane, Herman fen Helmholc, veliki nemački naučnik iz 19. veka (moglo bi se reći da je fizičar, ali mnogo više je doprineo biologiji i psihologiji), rekao je za oko: „Kad bi prodavac pokušao da mi naturi instrument sa svim tim manama, mislim da bih ga s razlogom mogao žustro napasti zbog nepažljivosti i vratiti mu njegov instrument” Jedan od razloga što je naše oko bolje nego što je Helmholc prosudio, leži u činjenici da mozak naknadno

popravlja sliku, i to radi fantastično, kao nekakav supersofisticirani Photoshop. Što se tiče optike, ljudsko oko postiže kvalitet objektiva Cajs i Nikon samo u predelu u kome je fovea, središnji deo mrežnjače koji koristimo za čitanje. Kad prelazimo pogledom po nečemu, fovea se pomiče preko različitih segmenata prizora, pri čemu pojedinačne segmente vidi maksimalno detaljno i precizno, a Photoshop u našem mozgu obmanjuje nas da pomislimo kako sve zajedno gledamo podjednako precizno. Za razliku od oka, vrhunski objektivi Cajs i Nikon *zaista* prikazuju ceo prizor podjednako jasno.

I tako, tamo gde postoji optička nesavršenost oka, mozak to nadoknađuje svojim sofisticiranim programom za simulaciju slike. Ali još nisam pomenuo najsjajniji primer optičkog nesavršenstva. Mrežnjača je okrenuta ka unutra.

Zamislite da je Helmholcu inženjer pokazao veliki digitalni fotoaparat, sa senzorom sastavljenim od sićušnih fotoćelija, podešen tako da snimi fotografiju projektovanu direktno na površinu senzora. To sve izgleda logično, a svaka fotoćelija je očigledno spojena s nekakvim računarima koji obrađuju fotografije. I to je logično. Helmholc taj aparat ne bi vratio.

Pretpostavimo sada da vam kažem kako su „fotoćelije" oka okrenute ka unutra, suprotno od prizora koji se gleda. Veze koje spajaju fotoćelije s mozgom prolaze svuda po površini mrežnjače, pa svetlosni zraci treba da se probiju kroz tepih od brojnih spojeva pre nego što padnu na fotoćelije. To baš i nema smisla - a najgore tek sledi. Pošto su fotoćelije okrenute ka unutra, vodovi kojima se iz njih prenose podaci moraju da prođu kroz mrežnjaču i upute se natrag u mozak. U oku kičmenjaka, oni se usmeravaju ka posebnoj rupi u mrežnjači i prolaze kroz nju. Rupa popunjena nervima naziva se slepa tačka - jeste slepa, ali ono „tačka" prilično je laskav izraz jer je vrlo velika, više kao slepa *zakrpa* - i ona nam, zapravo, ne smeta zato što imamo „automatski Photoshop" u mozgu. Ne samo što je to loše napravljeno, rekli bismo, nego je i delo potpune neznalice.



Ljudsko oko

Detalj „fotoćelije"
(štapići i čepići)

Ili nije? Da je tako, oko bi videlo vrlo loše, a ne vidi loše. U stvari, oko sasvim dobro gleda. Oko je dobro jer je prirodna selekcija, prečišćavajući

nebrojene sitne detalje, nakon velike prvobitne greške kad je postavila mrežnjaču naopako, sve to popravila i napravila od oka instrument visoke preciznosti. To me podseća na priču o Hablovom svemirskom teleskopu. Setićete se da je, nakon lansiranja Habla 1990. godine, na njemu otkrivena ozbiljna greška. Zbog neuočene greške u instrumentu za kalibrisanje kad je teleskop bio na Zemlji i u poslednjoj fazi pripreme, glavnom ogledalu je promenjen oblik, neznatno, ali ipak ozbiljno. Teleskop je lansiran u orbitu i tek naknadno je ustanovljena greška. U odvažnoj i inventivnoj akciji, astronauti su se prikačili na teleskop i uspeli su da mu stave nešto što liči na naočare. Teleskop je od tada radio sasvim dobro, a tokom još tri servisa dodatno je poboljšan. Evo poente ovog izlaganja: veliku grešku prilikom konstrukcije - čak i katastrofalnu brljotinu - moguće je ispraviti naknadnim doterivanjem čija genijalnost i finoća mogu, u pravim okolnostima, savršeno neutralisati početnu grešku. Uopšte u evoluciji, iza velikih mutacija, čak i ako su pokrenule promene koje idu načelno u pravom smeru, gotovo uvek usledi naknadno doterivanje - operacija čišćenja mnogih sitnih mutacija koje su nastale kasnije a prirodna selekcija ih je favorizovala jer su popravljale grube ivice koje su ostale nakon prvobitne velike mutacije. Upravo zato ljudi i jastrebovi tako dobro vide, uprkos brljotinama u prvobitnoj izradi. Evo opet Helmholcovih reči:

> U oku su se stekle sve mane koje se mogu naći u jednom optičkom instrumentu, čak i neke koje su samo oku svojstvene; ali one se tako dobro neutrališu da nepreciznost slike, koja nastaje i zato što te mane postoje, tek malo prelazi granice, pod uobičajenim uslovima osvetljenja, koje su podešene za delikatnost osećaja pomoću dimenzija čepića u mrežnjači. Ali čim se uslovi unekoliko izmene, najednom smo svesni hromatske aberacije, astigmatizma, slepih tačaka, nesavršene providnosti medija, i ostalih nedostataka o kojima sam govorio.

NEINTELIGENTNI DIZAJN

Obrazac po kome se napravi greška pri glavnoj izradi ali se kasnije neutrališe naknadnim doterivanjem, upravo je ono što *ne* bismo očekivali da je u tome učestvovao nekakav stvaralac. Ne bi nas iznenadili maleri, kao što je sferna aberacija na staklu Hablovog teleskopa, ali ne očekujemo očigledne gluposti kao što je mrežnjača postavljena ka unutra. Takve brljotine nisu

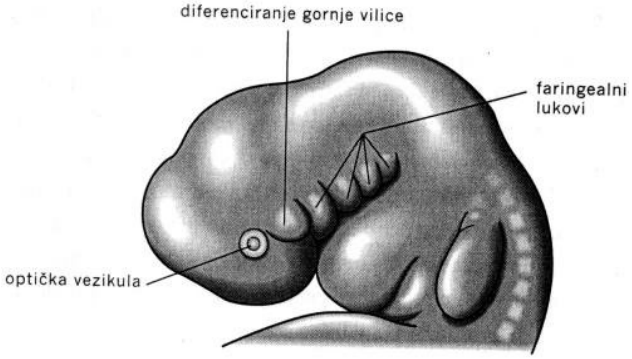
ishod loše osmišljenog nauma nego *istorije.*

Meni je omiljeni primer povratni grkljanski nerv, još od kad mi je na njega skrenuo pažnju profesor Dž. D. Kari, moj mentor na studijama.[78] To je grana jednog od kranijalnih nerava koji izlaze direktno iz mozga a ne iz kičmene moždine. Jedan kranijalni nerv, vagus (ime na latinskom znači „lutajući", i sasvim je prikladno), ima četiri grane, od kojih dve vode u srce, a svaka od preostale dve na jednu stranu grkljana (glasovna kutija kod sisara). Na obema stranama vrata, jedna grana grkljanskog nerva ide pravo u grkljan, prateći putanju koju mora da joj je odredio stvaralac. Druga ulazi u grkljan neverovatno zaobilazno. Ponire pravo u grudni koš, pravi petlju oko jedne od glavnih arterija koje izlaze iz srca (arterija s leve strane razlikuje se od one s desne, ali princip je isti), a onda se vraća uz vrat ka svom odredištu.

Ako mislite o tome kao o proizvodu inteligentnog dizajna, onda je povratni grkljanski nerv sramota. Helmholc bi imao mnogo više razloga da vrati taj nerv nego oko. Ali, isto kao što važi za oko, čim zaboravite dizajn i pomislite na istoriju, sve dobija savršen smisao. Da biste to razumeli, treba da se vratimo u prošlost, u vreme kad su naši preci bili ribe. Ribe imaju srce s jednom komorom i jednom pretkomorom, a mi imamo srce s dve komore i dve pretkomore. Srce pumpa krv napred kroz veliku središnju arteriju koja se zove trbušna aorta. Trbušna aorta se deli na (najviše) šest parova grana koje vode do šest škrga sa svake strane. Krv zatim prolazi kroz škrge i tu se obogaćuje kiseonikom. Iznad škrga, krv se preko još šest parova krvnih sudova sliva u drugi veliki krvni sud, leđnu aortu, koja hrani ostatak tela. Šest parova krvnih sudova škrga dokaz su *segmentiranog* telesnog plana kičmenjaka, što se jasnije i očiglednije vidi na primeru riba nego na primeru čoveka. Čudesno, to je vrlo očigledno u ljudskim *embrionima* čiji su faringealni lukovi nesumnjivo nastali od predačkih škrga, što se vidi kad se pobliže prouči njihova anatomija. Naravno, ne funkcionišu kao škrge, ali ljudski embrioni stari pet nedelja mogu se smatrati i malim ružičastim ribicama, sa škrgama. I dalje se pitam zašto kitovi i delfini, dugonzi i lamantini nisu ponovo razvili funkcionalne škrge. Činjenica da, kao svi drugi sisari, imaju u faringealnim lukovima embrionsku strukturu za razvoj škrga, ukazuje da to ne bi trebalo biti naročito teško. Ne znam zašto nisu, ali prilično sam siguran da je iza toga valjan razlog, koji je neko uočio ili zna kako da ga pronađe.

Svi kičmenjaci imaju segmentiran telesni plan, ali za razliku od embriona, kod odraslih sisara to je odmah uočljivo samo u predelu kičme, tamo gde

pršljenovi i rebra, krvni sudovi, miotomi i nervi slede obrazac modularnog ponavljanja od prednjeg dela ka zadnjem. Svaki segment kičmenog stuba ima dva velika nerva koji na svaku stranu polaze iz kičmene moždine, a zovu se dorzalni i ventralni rog. Ovi nervi obavljaju veći deo svog posla, koji god da je, u blizini pršljenova kroz koje prolaze, ali neki se spuštaju duž nogu i ruku.



Faringealni lukovi u ljudskom embrionu

I glava sledi isti segmentirani plan, ali tu ga je teže uočiti, čak i na ribi, jer segmenti nisu tako uredno poređani od prednje do zadnje strane kao u kičmenom stubu, nego su se tokom evolucije potpuno pomešali. Otkrivanje avetinjskih otisaka segmenata u glavi, jedan je od trijumfa komparativne anatomije i embriologije iz 19. veka i početka 20. Na primer, prvi škržni luk riba bez vilice (u koje spadaju zmijuljice), i embriona viličnih kičmenjaka, odgovara vilici onih kičmenjaka koji ih imaju (a to su svi sadašnji kičmenjaci osim zmijuljica i slepulja).

I insekti, kao i drugi zglavkari, na primer rakovi - videli smo to u poglavlju 10 - imaju segmentiran telesni plan. Bio je to veliki trijumf pokazati da glave insekta imaju šest segmenata - opet potpuno pomešanih - koji su kod njihovih dalekih predaka činili niz komponenata kao u ostatku tela. Slavile su embriologija i genetika kasnog 20. veka kad se pokazalo da u segmentaciji insekata i segmentaciji kičmenjaka, nikako međusobno nezavisnih kako su me učili, zapravo posreduju paralelni skupovi gena, takozvani hox geni, koji su prepoznatljivo slični kod insekata i kičmenjaka i mnogih drugih životinja, i da su ti geni čak raspoređeni u pravilnom nizu na hromozomima! O tome nijedan moj profesor nije ni sanjao dok sam na studijama učio, potpuno zasebno, o segmentaciji insekata i kičmenjaka. Životinje iz različitih tipova (na primer, insekti i kičmenjaci) mnogo su bliže nego što smo ranije i pomišljali. A za to je, takođe, zaslužna zajednička istorija. Plan o hox genima već se uobličio u prapretku svih bilateralno simetričnih životinja. Sve životinje su međusobno mnogo srodnije nego što

smo ranije mislili.

Vratimo se glavi kičmenjaka: veruje se da su kranijalni nervi dobro prerušeni potomci segmentalnih nerava, koji su kod naših primitivnih predaka činili prednji kraj niza dorzalnih i ventralnih rogova, baš kao što su ovi koji još uvek niču iz našeg kičmenog stuba. Glavni krvni sudovi u našem grudnom košu spetljani su ostaci nekad jasno segmentalnih krvnih sudova koji su opsluživali škrge. Mogli biste reći da je u grudnom košu sisara izmešan segmentni obrazac škrga predačkih riba, na isti način na koji je, ranije, u ribama izmešan segmentirani obrazac još starijih predaka.

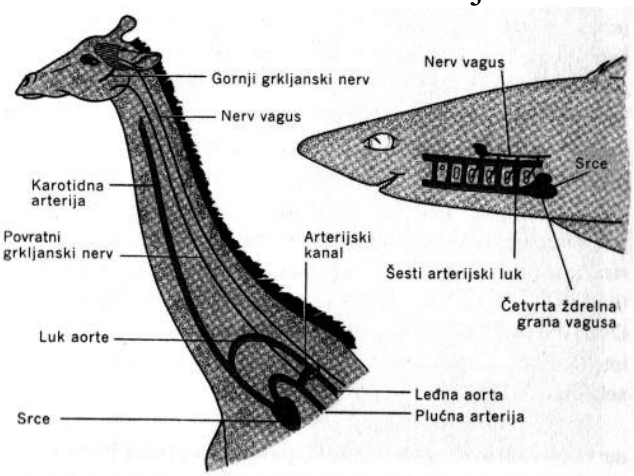
I ljudski embrioni imaju krvne sudove koji snabdevaju njihove „škrge", a one su veoma slične ribljim škrgama. Postoje dve trbušne aorte, svaka na po jednoj strani, i segmentalni aortin luk, po jedan za svaku škrgu na svakoj strani, koji ih spaja s parom leđnih aorti. Većina tih segmentalnih krvnih sudova izgubi se do kraja embrionalnog razvoja, ali očigledno je kako se obrazac za telesni plan odrasle jedinke razvija iz embrionskog - i iz predačkog - telesnog plana. Kad biste pogledali ljudski embrion otprilike dvadeset i šest dana po začeću, videli biste da snabdevanje „škrga" krvlju umnogome podseća na segmentno snabdevanje krvlju ribljih škrga. U narednih nekoliko nedelja gestacije, obrazac krvnih sudova se postepeno pojednostavljuje i gubi prvobitnu simetriju, a do trenutka detetovog rođenja njegov cirkulatorni sistem postaće snažno orijentisan ka levoj strani - što je sasvim suprotno pedantnoj simetriji ranog ribolikog embriona.

Neću se sad baviti pojedinostima i navoditi koje su naše velike arterije grudnog koša naslednici šest arterija škrga. Da bismo razumeli istoriju naših povratnih grkljanskih nerava, dovoljno je da znamo sledeće: u ribama, vagus ima grane koje inervišu poslednje tri od šest škrga, pa je za njih prirodno da prolaze pored odgovarajućih arterija škrga. Te grane ni po čemu ne pokazuju da su povratne: one idu za svojim organima, škrgama, po najdirektnijoj i najlogičnijoj putanji.

Ali, tokom evolucije sisara vrat se izdužio (ribe nemaju vratove), a škrge su nestale. Neke su se preobratile u korisne elemente kao što su štitasta i paraštitasta žlezda, i u razne druge deliće koji su se udružili i obrazovali grkljan. Ti drugi korisni elementi, među njima i delovi grkljana, snabdevali su se krvlju i bili povezani s nervima preko evolucionih potomaka krvnih sudova i nerava koji su, u davna vremena, opsluživali škrge po utvrđenom sledu. Preci sisara su se evolucijom sve više udaljavali od svojih predaka riba, i nervi i krvni sudovi bili su razvučeni i rastegnuti u čudnim pravcima

što je iskrivilo njihove međusobne prostorne odnose. U grudnom košu i vratu kičmenjaka zavladala je zbrka, što nije bilo nimalo nalik uredno simetričnom ponavljanju u nizu u ribljim škrgama. A povratni grkljanski nervi postali su više od preuveličane žrtve tog iskrivljenja.

Slika dole preuzeta je iz udžbenika Berija i Halama iz 1986. godine. Na njoj se vidi kako grkljanski nerv kod ajkule ne ide zaobilaznim putem. Da bi ilustrovali to zaobilaženje kod sisara, Beri i Halam su izabrali - žirafu. Zaista, ima li upečatljivijeg primera? Kod čoveka, putanja grkljanskog nerva predstavlja zaobilaženje od možda desetak centimetara. Ali kod odrasle žirafe, vrlo je ozbiljan poduhvat ići okolo-naokolo, i to 4,5 metara! Imao sam tu čast da dan nakon Darvinovog dana 2009. godine (na dvestotu godišnjicu njegovog rođenja), provedem s timom komparativnih anatoma i veterinarskih patologa pri Kraljevskom veterinarskom koledžu u blizini Londona. Oni su secirali mladu žirafu koja je nesrećno umrla u zoološkom vrtu. Bio je to dan za pamćenje, a za mene gotovo nadrealno iskustvo. Operaciona sala bila je doslovno kao pozorišna dvorana, sa ogromnim zidom od pleksiglasa koji je razdvajao pozornicu od pretrpanog dela za publiku gde su se stisli studenti veterine i satima posmatrali zahvat. Ceo dan - koji



Grkljanski nerv žirafe i ajkule

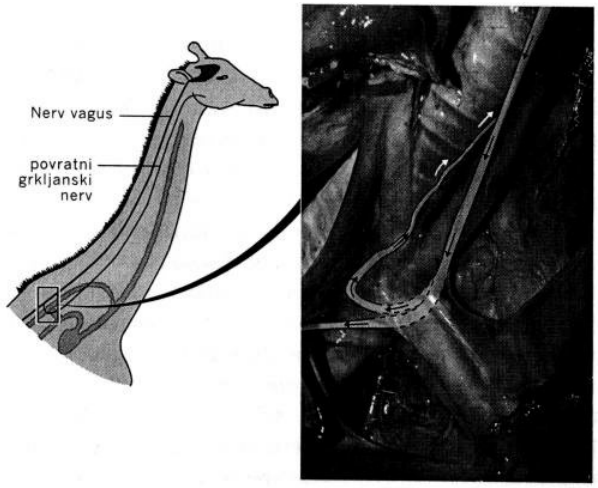
je sigurno i za njih bio nesvakidašnji - studenti su sedeli u zamračenoj sali i zurili kroz staklo u briljantno osvetljen prizor, slušajući reči članova stručnog tima, a svi su nosili mikrofone, kao što smo ih slušali i ja i televizijska ekipa koja je to snimala za budući dokumentarac na televiziji Channel Four. Žirafa je bila položena na veliki ugaoni sto za disekciju, jedna noga joj je bila podignuta uvis i zakačena kukom, a njen ogroman i dirljivo ranjiv vrat vidno izložen pod jakim svetlom. Nama koji smo bili sa žirafine strane zida striktno je naloženo da nosimo narandžaste mantile i bele čizme, i

to je samo pojačalo snolikost toga dana.

O dužini zaobilaznog puta kojim se kreće povratni grkljanski nerv govori i to da su članovi anatomskog tima simultano radili na različitim delovima nerva - deo blizu glave, pa blizu srca, i na svim stanicama između - a da nisu jedni druge ometali, a i retko je bilo potrebe da se jedan drugome obraćaju. Strpljivo su izdvojili ceo povratni grkljanski nerv: težak zadatak koji je, koliko znamo, prvi izveo 1837. godine Ričard Oven, veliki anatom viktorijanskog doba. Zadatak je bio težak jer je nerv uzan, na mestu gde skreće tanak je kao nit (pretpostavljam kako je trebalo da znam za to, ali svejedno sam se iznenadio kad sam video svojim očima), i lako se izgubi u gustoj mreži membrana i mišića oko dušnika. Na svom putovanju nadole, nerv (u ovom trenutku još i pod teretom vagusa) prolazi na desetak centimetara od grkljana, svog konačnog odredišta. Ipak, nastavlja da se spušta celom dužinom vrata pre nego što zavije natrag i vrati se gore. Zadivila me je veština profesora Grejema Mičela i Džoj Rajdenberg, kao i drugih stručnjaka u ovom poduhvatu, a zaključio sam i da je Ričard Oven (ljuti Darvinov neprijatelj) porastao u mojim očima. Ipak, kreacionista Oven nije uspeo da iz ovoga izvuče očigledan zaključak. Svaki tvorac inteligentnog dizajna skratio bi putovanje grkljanskog nerva na samo nekoliko centimetara.

Na stranu toliko gubljenje resursa u pravljenju tako dugačkog nerva, moram da se zapitam i to da li glasovi koje ispušta žirafa dolaze sa zakašnjenjem, kao kad izveštač iz inostranstva razgovara preko satelitske veze. Jedan je stručnjak rekao: „I pored toga što ima vrlo razvijen grkljan i druželjubiva je, žirafa je u stanju samo da zastenje ili zableji.” Da je žirafa mucava, zanimljiva je pomisao, ali neću se njome baviti. Ovde je najbitnije da je cela ova priča o zaobilaženju divan primer za to koliko su živa bića daleko od toga da su dobro osmišljena. Za evolucionistu je važno pitanje zašto prirodna selekcija nije postupila kao svaki inženjer: vratila se nacrtu i dovela stvari u logičan red. S tim se pitanjem iznova srećemo u ovom poglavlju, a ja sam pokušao da na njega odgovorim na više načina. Sam povratni grkljanski nerv deo je tog odgovora, u svetlu onoga što ekonomisti nazivaju marginalni trošak.

Dok se žirafin vrat izduživao tokom evolucionog vremena, troškovi zaobilaznice - bilo ekonomski troškovi ili troškovi oko „zamuckivanja” - postepeno su se povećavali, a ovde je naglasak na prilogu „postepeno”. *Marginalni* trošak zbog svakog milimetra povećanja bio je *neznatan.* Ali pošto se žirafin vrat postepeno primicao sadašnjoj



Zaobilaženje povratnog grkljanskog nerva žirafe

impresivnoj dužini, ukupna cena te zaobilaznice možda se počela približavati tački u kojoj bi - hipotetički - mutirana jedinka imala bolje izglede da preživi ako bi se poniruće niti njenog grkljanskog živca rasteretile vagusa i preskočile sićušnu prazninu do grkljana. Ali mutacija neophodna za taj skok morala bi da uzrokuje veliku promenu - čak i prevrat - u embrionskom razvoju. Vrlo verovatno se ta potrebna mutacija nikad ne bi ni desila. Čak i da jeste, imala bi nedostataka - oni su neizbežni u svakoj promeni ogromnih razmera tokom osetljivog i delikatnog procesa. Pa i ako bi naposletku prednosti premošćavanja zaobilaznice uspele da neutrališu te nedostatke, i dalje su *marginalni* troškovi zbog svakog milimetra *produžene* zaobilaznice neznatni *u poređenju s troškovima uloženim u postojeću zaobilaznicu.* I u slučaju kad bi pravljenje iz početka bilo bolje rešenje, ukoliko bi se to moglo izvesti, konkurentska alternativa bila bi samo sićušno povećanje postojeće zaobilaznice, a marginalni troškovi tog sićušnog povećanja bili bi mali. Manji, rekao bih, od troškova pri „velikom prevratu" koji bi bio neophodan da se proizvede elegantnije rešenje.

Sve je to pomalo skretanje s poente - povratni grkljanski nerv svih sisara dobar je dokaz protiv inteligentnog dizajna. A kod žirafe se taj dokaz od dobrog rasteže do spektakularnog! Baš takvo bizarno dugo zaobilaženje niz žirafin vrat pa natrag, očekujemo od evolucije prirodnom selekcijom, a nikako *ne očekujemo* od bilo kakvog inteligentnog tvorca.

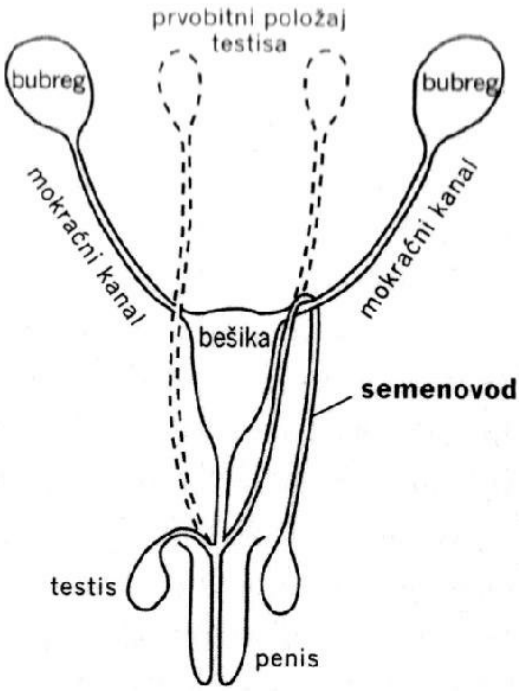
Džordž K. Vilijams jedan je od najcenjenijih američkih evolucionih biologa (po svojoj delikatnoj mudrosti i stasu podseća na jednog od najcenjenijih američkih predsednika, Abrahama Linkolna - koji je, eto, rođen istog dana kad i Darvin). Vilijams je skrenuo pažnju na drugo zaobilaženje,

slično ovom povratnog grkljanskog nerva, samo na drugom kraju tela. Semenovod je cevčica koja prenosi spermu od testisa do penisa. Najdirektniji bi bio zamišljeni put predstavljen levo na ilustraciji na naspramnoj strani. Prava putanja semenovoda prikazana je desno na toj ilustraciji. Putanja besmisleno obilazi oko uretre, cevčice koja nosi urin od bubrega do bešike. Ako je ovo namerno osmišljeno, ko bi mogao poreći da je stvaralac napravio veliku grešku. Ali, isto kao u primeru povratnog grkljanskog nerva, sve je jasno sa aspekta evolucione istorije.

Pretpostavljeni prvobitni položaj testisa prikazan je tačkastim linijama. Kada su se, tokom evolucije sisara, testisi spustili do svog sadašnjeg položaja u skrotumu (iz nejasnih razloga, ali obično se smatra da to ima veze s temperaturom), semenovod se nesrećnim slučajem obreo na pogrešnom putu, preko uretre.

Umesto da promeni smer cevčice, a to bi uradio svaki razumni stvaralac, evolucija je nastavila da je produžuje - i ponovo bi marginalni trošak zbog svakog neznatnog povećanja dužine zaobilaznice bio mali. Ipak, i ovo je divan primer prvobitne greške koja se neutrališe post hoc, umesto da se ispravke urade od samog početka. Ovakvi primeri bez sumnje podrivaju pozicije onih koji snažno jure za inteligentnim dizajnom.

Ljudsko telo obiluje prividnim nesavršenostima koje bi se mogle sagledati i kao neizbežni kompromisi koji su rezultat naše duge istorije porekla od drugih vrsta životinja. Nesavršenosti su neumitne kad ne postoji mogućnost da se krene od samog nacrta - kad se poboljšanja mogu postići samo naknadnim modifikacijama postojećeg stanja. Zamislite samo kakav bi zbrkani izum bio mlazni motor da su ser Frenk Vitl i dr Hans fon Ohajn, dva nezavisna pronalazača, morali pokoriti pravilu koje je glasilo: „Ne smete da počnete od početka, od izrade nacrta. Morate da počnete od motora sa elisom i da ga menjate, deo po deo, šraf po šraf, zakivak po zakivak, od ‘predačkog’ motora sa elisom do ‘potomačkog’ mlaznog motora.” Još gore, svi prelazni oblici morali bi biti osposobljeni za let, a svaki oblik u lancu morao bi da bude makar malo bolji



Putanja semenovoda od testisa do penisa

od prethodnog. Vidite da bi krajnji mlazni motor bio napakovali svakojakim istorijskim reliktima, anomalijama i nesavršenostima. A svaku nesavršenost pratio bi debeo sloj neutrališućih ispravaka, podešavanja i doterivanja, pri čemu bi se pri svakoj korekciji nastojalo iskoristiti sve što može u uslovima nesrećne zabrane da se krene iz početka.

Osvetljena je suština, ali možda bi se uz neposredniji uvid u biološku inovaciju mogla izvesti drugačija analogija od one u primeru motora sa elisom i mlaznog motora. Važna inovacija (to je u našoj analogiji mlazni motor) vrlo verovatno ne evoluira od starog organa sa istom funkcijom (u našem slučaju to je motor sa elisom) nego od nečeg sasvim drugačijeg što je služilo za obavljanje potpuno drukčije funkcije. Evo dobrog primera: kad su naši riblji preci udahnuli vazduh, oni nisu modifikovah svoje škrge da bi napravih pluća (kao što to rade neke moderne ribe koje udišu vazduh, a među kojima i one iz roda *Anabas).* Umesto toga, oni su modifikovah trbušnu duplju. Kasnije su, pomenuću i to, teleosti (košljoribe) - što znači skoro svaka riba, osim ajkula i njima sličnih - modifikovah pluća (ona su prethodno evoluirala kod predaka koji su povremeno udisali vazduh) tako da postanu još jedan vitalan organ koji nema nikakve veze s disanjem: riblji mehur.

Riblji mehur je možda glavni ključ uspeha teleosta, i vredi napraviti malu

digresiju i objasniti ga. Reč je o unutrašnjem mehuru ispunjenom gasom koji se može podešavati kako bi ribu održavao u hidrostatičkoj ravnoteži na proizvoljnoj dubini. Ako ste se ikada u detinjstvu igrali s Dekartovim (Kartezijevim) roniocem, prepoznaćete ovo načelo, ali ribe teleosti koriste ga u zanimljivoj varijanti. Dekartov ronilac je malena igračka - u boci s vodom pliva u ravnoteži posudica, okrenuta naopako, koja sadrži mehurić. Broj molekula u mehuriću vazduha je konstantan, ali zapremina se može smanjiti (samim tim i povećati pritisak, u skladu s Bojl-Mariotovim zakonom[79]) tako što se dublje zavuče plutani čep na boci. Ili, može se povećati zapremina vazduha (i smanjiti pritisak mehurića) tako što se plutani čep povuče nagore. Najbolji efekat se postiže kad se koriste jači čepovi, kao oni za boce s jabukovačom. Kad spustite ili podignete čep, ronilac u boci pomera se gore ili dole sve dok ponovo ne uspostavi hidrostatičku ravnotežu. Ronioca u boci možete da privolite da se pomera laganim pritiskanjem i otpuštanjem čepa, što će uticati na pritisak tečnosti.

Riba je Dekartov ronilac, ali s jednom tananom razlikom. Njen „mehurić" je riblji mehur i funkcioniše na isti način, osim što broj molekula gasa u mehuru nije konstantan. Kad riba hoće da dopliva bliže površini vode, ona ispušta molekule gasa iz krvi u mehur, čime povećava njegovu zapreminu. Kad želi da zaroni dublje, riba apsorbuje molekule gasa iz mehura u krv pa tako smanji zapreminu mehura. Riblji mehur omogućava ribi da ne angažuje mišiće, kao što to čini ajkula, kako bi ostala na željenoj dubini. Ona koristi hidrostatičku ravnotežu da bi se zadržala na kojoj god dubini želi. Za to joj služi riblji mehur, a mišići su slobodni za aktivnu propulziju. S druge strane, ajkule moraju sve vreme da plivaju inače bi potonule na dno - doduše sporo, jer u tkivu imaju naročitu supstancu male gustine zahvaljujući kojoj mogu da donekle plutaju. Riblji mehur je, dakle, pridruženo plućno krilo koje je pridružena trbušna duplja (a ne, kako biste možda očekivali, pridružena škržna duplja). A kod pojedinih riba, sam riblji mehur se pridružio organu čula sluha i postao svojevrsna bubna opna. Istorija je ispisana po celom telu, ne samo jednom nego u više navrata, na uzbudljivom palimpsestu.

Mi smo kopnene životinje već otprilike 400 miliona godina, a hodamo na zadnjim nogama tek jedan procenat tog vremena. U ostalih 99 procenata preostalog vremena koje smo proveli na kopnu, imali smo manje-više horizontalnu kičmu i hodali smo na četiri noge. Ne možemo zasigurno reći koja se to selektivna prednost stekla kod onih jedinki koje su se prve uspravile i prohodale na zadnjim nogama, te ću tu temu ostaviti po strani.

Džonatan Kingdon je tome posvetio svoju knjigu *Nisko poreklo (Lowly Origin),* a i ja sam je donekle detaljno razmotrio u *Priči predaka.* Ta promena možda nije bila tako ogromna, jer s vremena na vreme uspravno hodaju i drugi primati, na primer, šimpanze, pojedini majmuni i ljupki lemur *Propithecus verreauxi.* Međutim, hodanje samo na dve noge ostavilo je dalekosežne posledice po celom telu, koje je bilo primorano da preduzme mnoga podešavanja kako bi se kompenzovala ta promena. Moglo bi se reći da u celom telu nema nijedne koščice niti mišića koji je bio pošteđen neophodne promene kako bi se uskladio nekakav detalj, ma koliko bio čudan i skrajnut, i koliko god bila posredna ili krhka njegova veza s glavnom promenom - uspravnim hodom. Ovakvo naknadno podešavanje opreme mora da prati svaku veliku promenu u našem životu, prelazak iz vode u kopno, iz kopna u more, u vazduh, ispod zemlje. Ne možete razdvojiti očigledne promene u telu i posmatrati ih izolovano. Preblago je reći da svaka promena ostavlja složene posledice. Takvih je posledica na stotine, na hiljade. Prirodna selekcija stalno doteruje, podešava, „čačka", kako je to rekao Fransoa Žakob, veliki francuski molekularni biolog.

Evo još jednog načina da se to sagleda. Kad nastupi velika klimatska promena, recimo ledeno doba, prirodno je očekivati da će prirodna selekcija prilagoditi životinje toj promeni - na primer, izrašće im deblji krzneni omotač. Ali *spoljašnja* klima nije jedina „klima" koju treba uzmeti u obzir. Ako nema spoljašnje promene, a pojavi se nova mutacija koju prirodna selekcija favorizuje, svi drugi geni u genomu iskusiće je kao promenu unutrašnje „genetičke klime". I to je promena, ništa manje nego ona vremenska, na koju moraju da se priviknu. Prirodna selekcija mora nastupiti kasnije, i podešavati kako bi kompenzovala glavnu promenu u genetičkoj klimi, baš kao da je to promena spoljne klime. Možda je čak i prvobitan prelazak s četvoronožnog na dvonožno hodanje nastao „unutra", a ne podstaknut promenom u spoljnom okruženju. Kako bilo, usledila je komplikovana kaskada posledica, a za svaku su bila neophodna naknadna doterivanja.

„Neinteligentan dizajn" - to bi bio dobar naslov za ovo poglavlje. Bila bi to i vredna parola za celu knjigu o nesavršenostima života s jasnim pokazateljima da ne postoji naumljeni dizajn, a koristilo ju je više autora. Od takvih knjiga, a i zato što volim otresitost u australijskom engleskom („Onda, odakle je iskočio taj inteligentni dizajn, kao ekcem na trtici?"), uživao sam u divnom delu Robina Vilijamsa, doajena među sidnejskim promoterima

nauke. Nakon žalopojki o tome kroz kakvu agoniju svako jutro prolazi zbog bolova u leđima (nemojte me pogrešno shvatiti, duboko saosećam s njim), Vilijams nastavlja kako bi „gotovo sva leđa trebalo da odmah iskoriste svoju garanciju, kad bi tako nešto postojalo. Ako je [Bog] *stvarno* odgovoran za projektovanje ovakvih leđa, morali biste priznati da to nije jedan od Njegovih svetlih trenutaka i da je sigurno već bio u cajtnotu pred kraj šestoga dana". Problem je, naravno, to što su naši preci stotinama miliona godina hodali s kičmom u manje-više horizontalnom položaju, pa nije baš dobro prihvaćena ta nagla promena nametnuta u poslednjih par miliona godina. A suština je, da ponovim, to što bi se pravi tvorac uspravnohodajućih primata vratio na početak i uradio posao kako valja, umesto što je počeo od četvoronožaca pa prešao na doterivanje.

Vilijams dalje pominje torbu koale, sisara koji je zaštitni znak Australije. Koalina torba nije baš pogodna za životinju koja provodi vreme tako što se vere po stablima jer se otvara nadole umesto nagore kao kod kengura. I ovde je razlog za to istorijska zaostavština. Preci koale bili su slični vombatima. Vombati su šampioni u kopanju,

> mašu unazad velikim šapama punim zemlje kao kopač u tunelu. Da je torba tog pretka bila okrenuta napred, oči i zubi njegovih mladunaca bi stalno bili puni zemlje. I zato bi okrenuta natraške, a kad se jednog dana to stvorenje popelo na drvo, možda da pronađe nov izvor hrane, s njim je krenuo i „dizajn", suviše komplikovan da bi se promenio.

Kao u slučaju povratnog grkljanskog nerva, teoretski je moguće promeniti embriologiju koale tako da joj torba bude okrenuta na drugu stranu. Ali pretpostavljam - za tako veliku embrionsku promenu prelazni oblici bili bi još gori od koala koje izlaze na kraj s postojećim stanjem stvari.

Druga posledica našeg prelaska s četvoronožnog hoda na dvonožni tiče se sinusa koji mnogima od nas zadaju muke (pa i meni u trenutku dok ovo pišem), jer im se otvor za drenažu nalazi na poslednjem mestu gde bi ga razumni stvaralac postavio. Vilijams citira australijskog kolegu, profesora Dereka Dentona:[80] „Veliki vilični sinusi nalaze se iza obraza na obema stranama lica. Pri vrhu imaju otvor za drenažu, što nije sasvim pametno ako bismo hteli da se oslonimo na pomoć gravitacije prilikom drenaže sluzi." Kod četvoronožaca, taj „vrh" nije vrh nego prednji deo pa i položaj otvora za drenažu ima mnogo više smisla: i opet smo naišli na zaostavštinu istorije, ispisanu svud po nama.

Vilijams dalje navodi reči drugog australijskog kolege - koji s njim deli isti dar da odabere bisere australijskog slenga - o osama potajnicama (familija *Ichneumonidae),* čiji je tvorac, ukoliko ga je bilo, „morao biti pravi sadistički nitkov". Iako je Darvin kao mladić posetio Australiju, iskazao je isti stav ali konvencionalnijim, manje australijskim rečima: „Ne mogu ubediti sebe da bi darežljivi i svemogući Bog planski stvorio familiju *Ichneumonidae* sa očitom namerom da se hrane telima živih gusenica" Legendarna surovost osa potajnica (koje su u srodstvu sa osama kopačicama i osama koje love tarantule) lajtmotiv je koji će se ponoviti u poslednja dva poglavlja ove knjige.

Teško mi je da ovo sročim, ali o tome mislim još od onog nezaboravnog dana kad sam gledao disekciju žirafe. Kad posmatramo životinje spolja, elegantan privid njihovog planskog nastanka ostavlja snažan utisak na nas. Žirafa koja nadgleda s visine, albatros koji se uzdiže u nebesa, pištare koje poniru, soko što se ustremio ka zemlji, listoliki morski zmaj, nevidljiv u morskoj travi, gepard u galopu za skakutavom gazelom koja beži krivudavom putanjom - privid namere u njihovom nastanku intuitivno je toliko smislen da je potrebno uložiti napor i vratiti se kritičkom razmišljanju te tako prevazići zavodljivost naivne intuicije. Tako je to kad životinje gledamo spolja. Pogledamo li kako izgledaju unutra, stičemo drugačiji utisak. Istina, *utisak* o elegantnom dizajnu dobija se iz pojednostavljenih dijagrama u udžbenicima, pažljivo nacrtanih i obojenih, kao nacrt inženjera. Ali stvarnost s kojom se suočite kad ugledate otvorenu životinju na stolu za disekciju, sasvim je drukčija. Mislim da bi bilo poučno kad bi neki inženjer nacrtao realističniju verziju, recimo, arterija koje izlaze iz srca. Zamišljam kako bi taj njegov nacrt pre ličio na iscrpnu shemu auta, s cevima poređanim po određenom redosledu, a ne na lom koji zapravo vidimo kad otvorimo grudni koš.

Želeo sam da provedem dan sa anatomima koji su secirali žirafu kako bih proučio povratni grkljanski nerv kao primer evolucione nesavršenosti. Ali ubrzo sam shvatio da je, bar što se nesavršenosti tiče, povratni grkljanski nerv tek vrh ledenog brega. Činjenica da do konačnog odredišta ide tako zaobilaznim putem, dodatno potcrtava suštinu. Upravo zbog tog njegovog aspekta, Helmholc bi se odlučio da ga vrati. Ali kad pogledate ma koji deo unutrašnjosti kakve velike životinje, iznenadi vas toliki nered! I ne samo da pristojan tvorac nikada ne bi tako pogrešio i stvorio zaobilazni put tog nerva, nego ne bi nikad načinio *išta* nalik na taj mišmaš od ukrštenih lavirinata arterija, vena, nerava, creva, jastučića masnog tkiva i mišića, mezenterijuma i

koječega drugog. Američki biolog Kolin Pitendraj rekao je da cela ta stvar nije ništa drugo do „pačvork spojenih zamena, od onoga što je bilo na raspolaganju kad je iskrsla prilika a što je selekcija prihvatila naknadno, a ne unapred”.

POGLAVLJE 12

TRKE U NAORUŽANJU I EVOLUCIONA TEODICEJA

OČI i nervi, semenovodi, sinusi i kičme, loše su projektovani s tačke gledišta individualne dobrobiti, ali te nesavršenosti su savršeno smislene u svetlu evolucije. Isto važi i za opširniju ekonomiju prirode. Od inteligentnog tvorca moglo bi se očekivati da je projektovao ne samo tela pojedinačnih životinja i biljaka, nego i vrste u celini, cele ekosisteme. Moglo bi se očekivati da je priroda planska ekonomija, pažljivo osmišljena da se izbegne luksuz i rastrošnost. Ali nije - i to ću vam i pokazati u ovom poglavlju.

SOLARNA EKONOMIJA

U ekonomiji prirode, energent je sunčeva energija. Sunčevi fotoni kupaju površinu planete tokom čitavog dana. Mnogi od njih ne rade ništa korisnije od zagrevanja stene ili peščane plaže. Nekolicina nađe put do oka - vašeg, mog ili složenog oka morskog račića ili paraboličnog reflektorskog oka školjke kapice. Neki će možda pasti na solarnu ćeliju - bilo čovečijom rukom napravljenu, poput one koju sam, u naletu ekološke revnosti, nedavno namestio na svom krovu da mi zagreva vodu u kupatilu, ili zeleni list, koji je prirodna solarna ćelija. Biljke koriste solarnu energiju da poguraju uzbrdo hemijsku sintezu, proizvodeći organska goriva, prevashodno šećere. Uzbrdo, jer je za sintezu šećera potrebna energija da bi se odigrala; isto tako, šećer se

kasnije može sagoreti u reakciji nizbrdo u kojoj se oslobađa (deo) te energije - opet u korisne svrhe, kao što je rad mišića ili rast ogromnog stabla. Izraze nizbrdo i uzbrdo upotrebio sam radi analogije s vodom koja teče nizbrdo iz visoko postavljenog rezervoara i pokreće vodenične točkove koji tako vrše koristan rad; ili se energično pumpa uzbrdo u taj visoki rezervoar, kako bi se kasnije, dok teče nizbrdo, ponovo upotrebila za vodenične točkove. U svakoj etapi ekonomije energije, bilo da se proces odvija uzbrdo ili nizbrdo, gubi se nešto energije - nijedan energetski prenos nije savršeno efikasan. Zato u patentnom zavodu ne moraju ni da bace pogled na projekte perpetuum mobile mašine: one su, bez izuzetka i za sva vremena, nemoguće. Ne možete energiju vodeničnih točkova koju voda stvara dok teče nizbrdo iskoristiti da biste istu količinu vode pumpajući vratili u rezervoar kako bi se posle ponovo mogla iskoristiti za pokretanje vodeničnog točka. Uvek se mora pridodati deo energije iz okruženja da bi se nadomestio gubitak - tu na scenu stupa Sunce. Ovoj važnoj temi vratiću se u poglavlju 13.

Veći deo površine Zemlje prekriva zeleno lišće koje tvori mnogoslojnu ustavu za fotone. Ako neki list ne uhvati foton, velika je verovatnoća da će ga uhvatiti list ispod njega. U gustoj šumi, malo je fotona koje lišće ne zaustavi te uspeju da se domognu tla - zato su stare šume tako mračna mesta, neprikladna za šetnju. Većina fotona koji čine majušni deo sunčevih zraka što dospeva na našu planetu, padnu na vodu i na masu jednoćelijskih zelenih biljaka na površini mora spremnih da ih ulove. Na moru ili na tlu, hemijski proces kojim se fotoni hvataju i koriste za izvršavanje hemijskih reakcija nagore u kojima se troši energija, proizvodeći pogodne molekule za skladištenje energije poput šećera i škroba, zove se fotosinteza. Izmislile su je bakterije pre više od milijardu godina; zelene bakterije još uvek su u osnovi fotosinteze. To mirno mogu reći jer su hloroplasti - majušni zeleni fotosintetički motori koji obavljaju fotosintezu u svom lišću - direktni potomci zelenih bakterija. Zaista, pošto se autonomno razmnožavaju poput bakterija u ćelijama biljaka, s pravom možemo reći da su to i dalje bakterije, iako veoma zavisne od svojih domaćina, lišća, koje boje u zeleno. Kao da su izvorno slobodne zelene bakterije otete i zarobljene u ćelijama biljaka i tu su evoluirale u ono što danas zovemo hloroplastima.

Nije li tome savršeno simetrična ova činjenica: baš kao što hemiju života koja ide nagore uglavnom sprovode zelene bakterije u ćelijama biljaka, tako je hemija metabolizma koja ide nadole - sporo sagorevanje šećera i drugih goriva pri čemu se oslobađa energija u ćelijama životinja i biljaka -

specijalnost druge klase bakterija koje su nekada živele slobodno, ali sada obitavaju i razmnožavaju se u većim ćelijama kao mitohondrije. Hloroplasti i mitohondrije, potomci različitih vrsta bakterija, razvili su međusobno komplementarna hemijska umeća milijardama godina pre ikakvog živog organizma koji bi se dao spaziti golim okom. I jedni i drugi su kasnije oteti zbog svojih hemijskih veština, i danas se razmnožavaju u tečnoj unutrašnjosti mnogo krupnijih i složenijih ćelija, dovoljno velikih da ih možemo videti i dodirnuti - za hloroplaste, to su ćelije biljaka, a za mitohondrije, to životinjske ćelije.

Sunčeva energija koju uhvate hloroplasti u biljkama u osnovi je složenih lanaca ishrane, u kojima se energija prosleđuje od biljaka preko biljojeda poput insekata, zatim preko mesoždera - to mogu biti insekti ili insektojedi, kao i vukovi i leopardi - pa stiže do đubretara kao što su strvinari i balegari, da bi, na kraju, dospela do „raspadača“ poput gljiva i bakterija. U svakoj fazi ovih lanaca ishrane, deo energije se izgubi prilikom prenosa u vidu toplote, a deo se koristi za biološke procese poput mišićnih kontrakcija. Nakon prvobitnog unosa sunčeve energije, nema dopunjavanja energije. Uz nekoliko zanimljivih, ali neznatnih izuzetaka poput stanovnika „pušionica” duboko na okeanskom dnu koji energiju crpu iz vulkanskih izvora, sva pokretačka energija za život dolazi od sunčeve svetlosti zarobljene u biljkama.

Pogledajmo visoko stablo koje samo ponosno stoji nasred čistine. Zašto je tako visoko? Ne da bi bilo bliže Suncu! To dugačko stablo moglo bi se skratiti dok se njegova krošnja ne bude širila neposredno nad tlom - to je mnogo ekonomičnije, a stablo tako ne gubi fotone. Čemu, onda, takvo rasipanje da bi se krošnja uznela što više ka nebu? Odgovor će nam izmicati dok se ne setimo da je prirodno životno okruženje ovakvog stabla šuma. Stabla su visoka da bi nadvisila rivalsko drveće - iste vrste i drugih vrsta. Nemojte da vas zavede prizor drveta na čistini ili u bašti s lisnatim granama naređanim sve do tla. Ima taj lepo zaokrugljen oblik koji vojni instruktori toliko vole zato što se *nalazi* na čistini ili u bašti.[81] Posmatrate ga izvan njegovog prirodnog staništa, guste šume. Šumsko drveće prirodno je visoko i golog stabla, s većinom grana i lišća pri vrhu - u krošnji, na koju najviše pada kiša fotona. Evo sada jedne čudne pomisli: kad bi se samo sva stabla u šumi dogovorila - kao što se, na primer, dogovore radnički sindikati o raznim normama - da ne rastu više od, na primer, tri metra, svi bi imali koristi. Čitava zajednica - ekosistem u celini - bila bi na dobiti od uštede u drvetu i energiji koji se troše za izgradnju tih visokih i skupih stabala.

Dobro je poznato zašto je takve dogovore o obostranom ograničavanju teško sprovoditi, čak i u ljudskim poslovima u kojima eventualno možemo da predvidimo tok dešavanja. Blizak primer bio bi predlog da svi posmatrači nekog spektakla poput trke konja sede, umesto da stoje. Kad bi svi sedeli, visoki bi i dalje imali bolji pregled od niskih - isto bi bilo i kad bi svi stajali, ali za sve je mnogo udobnije sedeti nego stajati. Problemi nastaju kada jedna niska osoba koja sedi iza visoke osobe ustane da bi bolje videla. Odmah za niskim posmatračem ustaće i osoba iza njega da bi išta videla. Tribine će zapljusnuti talas ustajanja, dok svi ne ustanu. Na kraju će svima biti gore nego što bi im bilo da su ostali da sede.

U tipičnoj zreloj šumi, krošnju bismo mogli da smatramo vazdušnom livadom - nešto poput uvijene prerije, ali uzdignute na štulama. Krošnja prikuplja sunčevu energiju približno istom merom kao prerija. Ali znatan deo energije se troši tako što se predaje direktno štulama, koje ne rade ništa naročito korisno osim što podižu livadu visoko u vazduh gde skuplja isto onoliko fotona koliko bi skupljala - po mnogo manjoj ceni - i da je rasprostrta na tlu.

To nas dovodi do razlike između planske ekonomije i evolucione ekonomije. U planskoj ekonomiji ne bi bilo drveća, ili barem ne bi bilo veoma visokog drveća: ne bi bilo šuma niti krošnje. Drveće je rasipnički luksuz. Stabla drveća spomenici su zaludnom nadmetanju - zaludnom, gledano kroz prizmu planske ekonomije. Ali prirodna ekonomija nije planska. Biljke ponaosob se nadmeću s drugim biljkama iste vrste ili drugih vrsta: zato rastu do sve većih visina, mnogo više nego što bi ijedan planer preporučio. Naravno, ne rastu u nedogled. U jednom trenutku, dodatnih trideset centimetara u visinu, iako bi doneli konkurentsku prednost, bili bi toliko skupi da bi drvetu koje bi platilo tu cenu bilo gore nego njegovim nižim rivalima. Ravnoteža između troškova i dobiti za svako drvo pojedinačno na kraju određuje visinu do koje će težiti da poraste, a ne grupnu korist koju bi racionalni planer izračunao za drveće. Naravno, ta ravnoteža diktira drugačije maksimalne visine u različitim šumama. Kalifornijske sekvoje duž obale Pacifika (morate ih videti pre nego što umrete) verovatno su neprevaziđene po visini.

Zamislite sudbinu hipotetičke šume - nazovimo je Šuma prijateljstva - u kojoj je, tajanstvenim formalnim dogovorom, sve drveće nekako uspelo da ostvari željeni cilj i svede nadzemni deo na visinu od tri metra. Krošnja izgleda kao bilo koja druga krošnja, osim što je umesto trideset metara visoka

samo tri metra. S tačke gledišta planske ekonomije, Šuma prijateljstva efikasnija je *kao šuma* nego visoko drveće na koje smo navikli, jer ne troši resurse za proizvodnju ogromnih stabala čija jedina svrha jeste nadmetanje sa ostalim drvećem.

Pretpostavimo sada da je nasred Šume prijateljstva naraslo jedno drvo mutant. To odmetničko drvo izrasta sasvim malo više preko ugovorene norme od tri metra. Čim je prešao tu visinsku granicu, mutant je obezbedio konkurentsku prednost. Naravno, mora da plati određenu cenu za dodatnu dužinu stabla. Ali taj trošak je i više nego nadoknađen, *dok god se ostalo drveće drži propisa o samouskraćivanju,* jer korist od dodatnih prikupljenih fotona nadilazi troškove produžavanja stabla. Dakle, prirodna selekcija podržava genetičku tendenciju ka kršenju propisa o samouskraćivanju i dostizanju nešto veće visine - na primer, 3,3 metra. Kako se smenjuju generacije, sve više drveća kršiće embargo na visinu. Kada, na kraju, sve drveće bude visoko 3,3 metra, svima će im biti gore nego pre, jer redom plaćaju cenu izrastanja za dodatnih trideset centimetara. Ali neće biti dodatnih fotona kao nagrade za njihov trud. Sada će prirodna selekcija podržati svaku tendenciju mutanta za izrastanjem na visinu od - na primer - 3,6 metara. I, tako, drveće postaje sve više. Hoće li se ovo besmisleno pružanje ka Suncu ikada završiti? Zašto ne postoji drveće visoko kilometar, koje se propinje kao čarobni pasulj? Granica je visina pri kojoj je marginalni trošak rasta za dodatnih trideset centimetara veći od dobiti u fotonima koju bi doneo taj produžetak.

U ovom razmatranju, procenjivali smo troškove i dobitke za drveće ponaosob. Šuma bi izgledala sasvim drugačije kad bi njena ekonomija bila isplanirana u korist šume *kao celine.* Zapravo, u našim šumama, sve vrste drveća evoluirale su usled prirodne selekcije koja je podržavala *pojedinačno* drveće uspešnije od svojih rivala, bilo iz iste vrste ili iz druge. Sve što znamo o drveću slaže se sa stanovištem da nije projektovano - osim, naravno, ako nije osmišljeno da nas snabdeva drvnom građom, ili da bi bilo ugodno našim očima i oku kamera u jesen u Novoj Engleskoj. A istorija obiluje onima koji bi verovali u to - osvrnimo se, zato, na uporedni slučaj, u kome je korist po čovečanstvo teže dokazati, a to je trka u naoružanju između lovaca i lovine.

TRČI DA BI OSTAO TU GDE SI

Pet najbržih trkača među sisarima jesu gepard, rašljoroga antilopa (iako

se u Americi naziva antilopa nije toliko srodna pravim afričkim antilopama), gnu (prava antilopa, mada ne liči previše na ostale antilope), lav i Tomsonova gazela (takođe prava antilopa, koja zaista liči na standardnu, omanju antilopu). Među ovim vrhunskim trkačima našli su se lovine i lovci - i to nije slučajnost.

Gepardi su u stanju da ubrzaju od 0 do skoro 100 km/h za tri sekunde, pa tako pariraju ferariju, poršeu ili tesli. I lavovi neverovatno ubrzavaju, čak bolje od gazela koje su izdržljivije i okretnije. Mačke su u načelu sazdane da brzo trče i skoče neočekivano na plen. Psi, kao što je afrički lovački pas ili vuk, sazdani su da budu izdržljivi i da izmore svoj plen. Gazele i druge antilope moraju se nadmudrivati sa obe vrste grabljivaca, a ponekad možda i pristati na kompromis. One ne ubrzavaju tako dobro kao velika mačka, ali su zato izdržljivije. Tomsonova gazela koja naglo promeni smer može da skrene geparda od sebe i tako dobije vremena sve dok gepard ne pređe iz faze maksimalnog ubrzanja u fazu iscrpljenosti - tu se vidi njegova slaba izdržljivost. Gepard obično uspešno okonča lov samo ako stigne plen ubrzo pošto ga pojuri, jer se oslanja na iznenađenje i ubrzanje. Takođe se rano pokaže da lov nije uspeo, pošto gepard odustane kako bi sačuvao energiju kad mu propadne prvi sprint. Ukratko, svaki gepardov lov kratko traje!

Nisu bitne pojedinosti o maksimalnim brzinama i ubrzanjima, izdržljivosti i okretnosti, efektu iznenađenja i dugotrajnom gonjenju. Najviše pada u oči činjenica da u najbrže životinje spadaju i one koje love i one koje se love. Prirodna selekcija utiče da vrste grabljivaca postanu još bolje u lovu na plen, a istovremeno se postarala da im vrste plena bolje umaknu. Grabljivci i plen uključeni su u evolucionu trku u naoružanju koja se odvija u evolucionom vremenu. Rezultat je postojano povećanje kvantiteta ekonomskih resursa koje životinje, i grabljivci i plen, troše na trku u naoružanju, na uštrb drugih oblasti svoje telesne ekonomije. Lovci, isto kao i lovine, stalno postaju sve bolje opremljeni da prestignu (iznenade, nadmudre itd.) onu drugu stranu. Ali poboljšana oprema da se neko prestigne očigledno se ne prenosi u veći uspeh u prestizanju, iz jednostavnog razloga - i druga strana isto tako nadograđuje svoju opremu. To je osnovno obeležje trke u naoružanju. Moglo bi se reći, kao što je Crvena kraljica kazala Alisi, da svi oni trče najbrže što mogu da bi ostali tu gde jesu.

Darvin je i te kako bio svestan evolucione trke u naoružanju, premda nije koristio tu sintagmu. Moj kolega Džon Krebs i ja objavili smo 1979. godine rad na tu temu i u njemu smo izraz „trka u naoružanju” pripisali britanskom

biologu Hjuu Kotu. Kot je objavio svoju knjigu *Adaptivna koloracija u životinja (Adaptive Coloration in Animals*) 1940. godine, kad je Drugi svetski rat već bio odmakao, što je možda takođe značajno:

> Pre nego što zaključimo da li je varljiva spoljašnjost skakavca ili leptira nepotrebno detaljna, moramo najpre razgraničiti koje su to sile opažanja i izdvajanja kod prirodnih neprijatelja insekata. Bez toga uvodnog postupka, poneli bismo se isto kao kad bismo zaključili da je ratni brod preterano naoružan a da pri tome nismo ispitali prirodu i efikasnost neprijateljskog naoružanja. Činjenica je da je u drevnoj borbi u džungli, kao i u naprednijim civilizovanim ratovima,[82] na delu velika evoluciona trka u naoružanju - a njeni rezultati, za odbranu, ogledaju se u takvom oružju kao što su brzina, spremnost, oklop, razvijena kičma, kopanje jama, noćne navike, ispuštanje otrova, bljutav ukus, te koloracija u cilju prerušavanja, upozoravanja i oponašanja; a za napad, ogledaju se u suprotstavljenim odlikama kakve su brzina, efekat iznenađenja, pravljenje zasede, namamljivanje, oštar vid, kandže, zubi, očnjaci, otrovne bodlje, te koloracija radi prerušavanja ili namamljivanja.

Kao što je razvoj veće brzine progonjene jedinke povezan s povećanom brzinom goniča, ili kao što je zaštitni oklop povezan sa agresivnim oružjem, tako su se oruđa za skrivanje usavršavala tokom evolucije kao reakcija na povećanu moć opažanja.

Obratite pažnju na to da se trka u naoružanju odvija u evolucionom vremenu. Ne trebale pomešati s nadmetanjem između pojedinačnog geparda, recimo, i gazele, jer se oni utrkuju u realnom vremenu. Tokom trke u evolucionom vremenu prikuplja se oprema koja se koristi u trkama u realnom vremenu. A to znači da se u genskim fondovima na obe strane stvaraju geni za pravljenje opreme kojom će se nadmudriti ili nadtrčati druga strana. Drugo - što je i samom Darvinu bilo dobro znano - oprema za brzo trčanje koristi se kako bi se prestigli *rivali* iste vrste koji beže od istog grabljivca. To dobro ilustruje onaj poznati vic, koji gotovo da ima nečeg ezopovskog u sebi.[83] Kad gepard juri krdo gazela, za pojedinačnu gazelu je možda važnije da bude brža od najsporije jedinke u krdu nego da bude brža od geparda.

Pošto sam objasnio terminologiju koja se koristi u trci u naoružanju, primetićete da je u nju uključeno i drveće po šumama. Pojedinačna stabla utrkuju se sa svojim prvim susedima u šumi koje će biti bliže Suncu. Ta je trka naročito žustra kad staro drvo umre i za njim ostane upražnjeno mesto.

Kad se začuje odjek od pada starog drveta na zemlju, to je znak za početak trke, u realnom vremenu (premda je to realno vreme sporije od onog na koje smo se svikli mi, životinje), između mladica koje su čekale da im se ukaže prilika. Pobednik će verovatno biti pojedinačno drvo koje je dobro opremljeno da brzo i visoko izraste, zahvaljujući genima koji su se razvijali kroz predačke trke u naoružanju u evolucionom vremenu.

Između vrsta šumskog drveća odvijaju se simetrične trke u naoružanju. Obe strane nastoje da ostvare isto - mesto pod Suncem. Trke u naoružanju između grabljivaca i plena jesu asimetrične: to su trke u naoružanju između oružja za napad i oružja za odbranu. Isto važi i za trke u naoružanju između parazita i domaćina. I, mada to može biti neočekivano, postoje i ravnopravne trke u naoružanju između mužjaka i ženki unutar iste vrste, kao i između roditelja i njihovih mladunaca.

Trka u naoružanju mogla bi da zabrine entuzijaste koji brane inteligentni dizajn, jer ih opterećuje njena teška uzaludnost. Ukoliko priznamo da je geparda stvorio tvorac, onda je on sigurno uložio svaki delić svog stvaralačkog umeća da usavrši nenadmašnog ubicu. Samo jedan pogled na tu čudesnu trkačku mašinu ne ostavlja mesta sumnji. Ako ćemo govoriti o projektovanju, gepard je fantastično projektovan za ubijanje gazela. Ali tvorac tog projekta podjednako očigledno je uložio maksimalan napor da stvori i tako fantastično opremljenu gazelu koja će pobeći od tog istog geparda. Pobogu, pa na čijoj je strani taj tvorac? Kad pogledate gepardove zategnute mišiće i elastičnu kičmu, morate pomisliti da tvorac želi da gepard dobije trku. Ali kad pogledate sprinterku gazelu, okretnu i skakutavu, utisak vam je potpuno drugačiji. Zna li tvorčeva levica šta radi njegova desnica? Je li on sadista koji uživa u sportskom prizoru i stalno pomera granice savršenstva na obe strane kako bi povećao uzbudljivost lova? Da l' taj isti tvorac plah i Jagnjetu uli dah?[84]

Je li zaista deo božanskog plana da će ris ležati s jaretom, a lav jesti slamu kao vo? U tom slučaju, koliko se cene moćni očnjaci te ubilačke kandže lava i risa? Otkuda impresivna brzina antilope i zebre i njihov snalažljiv beg dostojan iluzioniste? Nepotrebno je reći, takvih problema nema u evolucionom tumačenju događaja. Svaka strana se bori da nadmudri drugu zato što, na obema stranama, uspešna jedinka automatski prenosi te gene koji su doprineli njenom uspehu. Ideje o uzaludnosti i rastrošnosti nameću nam se zato što smo ljudi i u stanju smo da sagledamo dobrobit celog ekosistema. Prirodna selekcija mari samo za preživljavanje i razmnožavanje pojedinačnih

gena.

To je kao s drvećem u šumi. Svako drvo vodi svoju ekonomiju, u kojoj dobra što su smeštena u stablo nisu dostupna plodovima ili lišću. Isto tako, i gepardi i gazele imaju sopstvene unutarnje ekonomije. Brzo trčanje je skupo, ne samo zbog energije koja se iscrpi pod suncem, nego i zbog materijala za izradu mišića, kostiju i tetiva - mašinerije koja omogućava brzinu i ubrzanje. Gazela unese u sebe ograničenu količinu biljne hrane. Ono što se potroši na mišiće i vitke noge za trčanje, mora se uzeti iz drugog segmenta života, na primer pravljenja beba, na šta bi životinja u idealnom slučaju radije potrošila svoje resurse. Na tom mikronivou treba napraviti izuzetno složenu ravnotežu kompromisa. Ne možemo znati sve detalje, ali ipak znamo (jer to je nesalomivi zakon ekonomije) da je moguće potrošiti *previše* u jednom segmentu života pa stoga oduzeti sredstva iz nekog drugog segmenta. Jedinka koja u trčanje ulaže više od idealne količine, možda će spasiti sopstvenu kožu. Ali kad imamo u vidu darvinističke uloge, nju će eliminisati iz takmičenja konkurentska jedinka iste vrste koja će gledati da uštedi na brzini i tako će povećati rizik da bude pojedena, ali će uspostaviti dobru ravnotežu i na kraju imati više potomaka kojima će preneti te gene za uspostavljanje valjane ravnoteže.

Ne treba pronaći dobru ravnotežu samo između energije i skupocenog materijala. Ima tu i rizika koji, takođe, nije nepoznat u kalkulacijama ekonomista. Dugačke i vitke noge kao stvorene su za brzo trčanje. One se, to je neizbežno, lako i prelome. Koliko puta konj u trci slomi nogu i obično ga odmah uspavaju. U poglavlju 3 videli smo da su konji tako ranjivi zato što su prekomernom veštačkom selekcijom pravljeni da budu brzi, na uštrb svega drugog. Gazele i gepardi su takođe bili selektivno gajeni za brzinu - selekcija je, naravno, bila prirodna a ne veštačka - pa bi i oni bili podložni prelomima kostiju da ih je priroda preko mere odgajala tako da razviju što veće brzine. Ali priroda nikad ne pretera u odgajanju. Priroda uspostavi pravu ravnotežu. Svet je pun gena za uspostavljanje prave ravnoteže: oni tome i služe! U praksi, to znači da će jedinke s genetičkom sklonošću da razviju izuzetno duge i vretenaste noge, a to je svakako najbolja kombinacija za trčanje, u proseku manje verovatno preneti svoje gene nego nešto sporije jedinke koje imaju manje vretenaste noge i manje izglede da ih polome. Ovo je samo jedan hipotetični primer od stotina kompromisa s kojima žongliraju sve životinje i biljke. One žongliraju s rizicima i sa ekonomskim kompromisima. Naravno, žongliranje i uspostavljanje ravnoteže nije prepušteno pojedinačnim

životinjama. To prirodna selekcija žonglira s relativnim brojem alternativnih gena u genskom fondu i među njima uspostavlja ravnotežu.

Kao što biste i očekivali, najbolji kompromis nije nepromenljiv. Kod gazele, kompromis između brzine kojom trči i drugih zahteva unutar njene telesne ekonomije, menjaće se zavisno od toga ima li u blizini mnogo mesoždera. Isto je kao s gupikama iz poglavlja 5. Ako u blizini ima malo predatora, smanjiće se optimalna dužina nogu gazele: najuspešnije će biti jedinke čiji su ih geni načinili takvima da odvoje nešto energije i materijala od nogu i potroše ih na, recimo, pravljenje beba ili stvaranje masnih naslaga za zimu. To su ujedno i jedinke koje imaju manje izgleda da slome noge. S druge strane, ako se poveća broj predatora, optimalna ravnoteža uspostaviće se sa izduženijim nogama, većom opasnošću od preloma, i manjom energijom i materijalom koji će se utrošiti na one aspekte telesne ekonomije što nisu povezani s brzim trčanjem.

Iste vrste posrednih kalkulacija obuhvaćene su u iznalaženju optimalnih kompromisa kod grabljivaca. Ženka geparda koja je polomila nogu svakako će umreti od gladi, a isto tako i njeni mladunci. Ali, zavisno od toga koliko je teško doći do mesa, rizik da će uloviti nedovoljno hrane bude li sporo trčala možda će nadvladati rizik da će polomiti nogu, budući da je opremljena nogama zato da bi brzo trčala.

Grabljivci i plen zarobljeni su u trci u naoružanju u kojoj svaka strana nesvesno pritiska onu drugu da pomera svoj optimum - u životnim kompromisima telesne ekonomije i rizika - sve dalje i dalje u istom smeru: bilo doslovno u istom smeru, na primer, ka povećanju brzine trčanja, ili u istom smeru sa stanovišta gubitnika koji je okrenut trci u naoružanju između grabljivca i plena a ne nekom drugom segmentu svoga života kao što je proizvodnja mleka. Pošto obe strane moraju da uspostave ravnotežu između rizika, primerice, prebrzog trčanja (prelomi nogu ili uzimanje od drugih segmenata telesne ekonomije) i rizika presporog trčanja (neuspešan lov, odnosno neuspešan beg), svaka strana gura onu drugu u istom smeru, u svojevrsnoj, neprijatnoj *folie a deux.*

Pa, možda *folie* (ludost) ne upućuje dovoljno na ozbiljnost te situacije, jer kazna za neuspeh na obema strana je smrt - ubistvo na strani plena, umiranje od izgladnelosti na strani predatora. Ali ono *a deux* zgodno prenosi osećanje da bi svakome bilo bolje samo kad bi lovac i lovina mogli sesti zajedno i pronaći prihvatljivo rešenje. Isto kao i s drvećem u Šumi prijateljstva, lako je videti kako bi im takav sporazum bio na korist kad bi ga se samo mogli

pridržavati. Jednak osećaj uzaludnosti s kojim se susrećemo u šumi, prevladava u trci u naoružanju između grabljivca i plena. Tokom evolucije, grabljivci se usavršavaju u hvatanju plena, a posledica toga je i to da životinje koje oni love postaju sve spretnije u izbegavanju da ih ulove. Obe strane paralelno poboljšavaju svoju *opremu* za preživljavanje, ali nijedna nužno ne preživljava ništa bolje - pošto i druga strana poboljšava svoju opremu.

Ipak, lako je videti kako bi središnji planer, kome je na srcu dobrobit cele zajednice, mogao doneti sud o jednom takvom sporazumu pod sledećim uslovima, kao u Šumi prijateljstva. Neka se obe strane slože da smanje naoružanje, tj. neka prebace resurse u druge segmente života, i ishod će biti bolji. Isto se, naravno, može dogoditi i u ljudskoj trci u naoružanju. Nama ne bi bili potrebni lovci ako vi ne biste imali bombardere. Vama ne bi bile potrebne rakete ako mi ne bismo imali svoje. I mi i vi uštedeli bismo milijarde kad bismo prepolovili naoružanje i uložili novac u poljoprivredu. A sada, kad smo prepolovili budžet za naoružanje i prešli u stabilnu fazu pregovora, prepolovimo ga ponovo. Štos je u tome da se radi sinhronizovano, kako bi svaka strana bila tačno onoliko dobro opremljena da bude u ravnoteži s postojanim smanjivanjem budžeta za naoružanje druge strane. Takvo plansko smanjivanje mora da bude upravo to - plansko. A evolucija upravo nije planska. Kao što se dešava i s drvećem u šumi, jačanje ili širenje je neminovno, sve do trenutka kad se jedinki to više ne isplati. Za razliku od tvorca, evolucija nikad ne prestaje da razmatra ima li boljeg načina - obostrano boljeg - za sve kojih se to tiče, od bilateralnog jačanja radi sebične prednosti koja se neutrališe baš zato što to jačanje *jeste* obostrano.

Iskušenje da razmišljaju kao planer već dugo je omiljeno među „pop ekolozima", a i ekološki stručnjaci ponekad su u opasnosti da podlegnu tome. Na primer, primamljivu zamisao o razboritim grabljivcima nije dokonao neki tupavi grlitelj drveća nego istaknuti američki ekolog.

Evo kako glasi ta zamisao o razboritim grabljivcima. Svako zna da je, sa stanovišta čovečanstva kao celine, bolje da se uzdržimo od preteranog ribolova važnih hranljivih vrsta jer bi zbog toga mogle izumreti, a takav je bakalar. Zato se vlade i nevladine organizacije sastaju kako bi odredile kvote i zabrane. Zato se vladinim ukazima propisuje tačna veličina ribarske mreže, a patrolni čamci jure ribolovce koji ne poštuju zakon. Kad smo dobri i kad policija budno motri na nas, mi (ljudi) razboriti smo grabljivci. Stoga - ili to bar tako izgleda nekim ekolozima - zar ne bi trebalo očekivati da i divlji grabljivci, vukovi ili lavovi, na primer, budu razboriti grabljivci? Odgovor je:

ne. Ne. Ne. Ne. A vredi saznati zašto, jer je u tome zanimljiva poenta, ona na koju je trebalo da nas pripremi šumsko drveće i celo ovo poglavlje.

Planer - projektant ekosistema kome je na srcu dobrobit celokupne zajednice divljih životinja - zaista bi mogao da utvrdi optimalnu politiku odabiranja, koju bi u idealnom slučaju, na primer, lavovi usvojili. Ni od jedne vrste antilope ne loviti više od određene kvote. Poštedeti trudne ženke, i mlade odrasle jedinke visokog reproduktivnog potencijala. Izbegavati u ishrani retke vrste koje su možda u opasnosti da izumru, a u budućnosti bi, ako se uslovi promene, mogle biti korisne. Samo kad bi se svi lavovi u zemlji povinovali dogovorenim normama i kvotama, pažljivo obračunatim da obezbede održivost, zar ne bi to bilo lepo? I tako razumno? E, kad bi!

Pa, bilo bi razumno i dizajner bi to tako osmislio, barem kad bi težio dobrobiti celokupnog ekosistema. Ali prirodna selekcija ne bi to tako osmislila (prvenstveno zbog toga što prirodna selekcija, lišena sposobnosti planiranja, uopšte ne može da *osmišljava*) i to se u prirodi ne dešava! Evo zašto, a priča je ista kao i s drvećem u šumi. Zamislite da se, svojevrsnim mehanizmima lavlje diplomatije, većina lavova u jednom kraju složi i ograniči lov na nivo održivosti. A onda pretpostavite da se u ovoj, inače uzdržanoj populaciji nadahnutoj osećanjem zajedništva, desi takva mutacija gena koja će nagnati jednog lava da prekrši dogovor i stane loviti plen koliko god može, čak rizikujući da dovede vrstu do istrebljenja. Da li bi prirodna selekcija kaznila taj buntovni sebični gen? Avaj, ne bi. Potomci lava odmetnika, nosioci buntovnog gena, u utakmici opstanka i reprodukcije nadmašili bi svoje takmace iz ostatka lavlje populacije. Pobunjenički gen bi se kroz par generacija proširio među populacijom i od prvobitne miroljubive skupine ne bi ostalo ništa. Onaj[85] ko ugrabi lavovski deo, zahvaljujući tome prenosi svoje gene dalje.

Ali, planerski entuzijasta će protestovati navodeći da je, ako se svi lavovi ponašaju sebično i preteruju u lovu dovodeći vrstu koja im je plen do istrebljenja, *svima* lošije, čak i onim lavovima koji su najbolji lovci. Na kraju krajeva, ako sav plen bude istrebljen, izumreće i celokupna populacija lavova. Sigurno će se, uporan je planer, prirodna selekcija umešati i zaustaviti to? Ponovo avaj, jer odgovor je opet odričan. Problem je u tome što se prirodna selekcija ne meša, prirodna selekcija ne razmišlja o budućnosti[86] i prirodna selekcija ne pravi izbor među rivalskim grupacijama. Da to čini, bilo bi i izgleda da razboriti grabljivci budu u prednosti. Prirodna selekcija, što je Darvin uvideo mnogo jasnije nego mnogi njegovi naslednici, pravi izbor

među rivalima unutar populacije. Čak i ako cela populacija, usled nadmetanja jedinki iste vrste, srlja u istrebljenje, prirodna selekcija će i dalje favorizovati jedinke koje su najizrazitiji takmičari, sve dok i poslednja ne umre. Stalnim favorizovanjem, prirodna selekcija može dovesti populaciju do izumiranja sve do samog gorkog kraja, onih takmičarskih gena kojima je suđeno da izumru poslednji. Hipotetični planer koga sam zamislio svojevrsni je ekonomista, i to ekonomije blagostanja, koja utvrđuje optimalnu strategiju za celokupnu populaciju ili za celokupan ekosistem. Ako već moramo da pravimo ekonomske analogije, bolje da to bude s „nevidljivom rukom" Adama Smita.

EVOLUCIONA TEODICEJA?

Ali sada ostavljam ekonomiju potpuno po strani. Zadržaćemo se na ideji o planeru, projektantu, ali naš planer će biti pre moralni filozof nego ekonomista. Idealistički biste pomislili da bi dobrohotni dizajner mogao da se potrudi i minimalizuje patnje. To nije nespojivo sa ekonomskim blagostanjem, ali stvoreni sistem će biti potpuno drugačiji. I, opet, u prirodi nažalost nije tako. Zašto bi bilo? Strašno je ali istinito koliko su užasne patnje divljih životinja! Osetljive duše bolje da i ne razmišljaju o tome. Darvin je znao o čemu govori kada je pisao svom prijatelju Hukeru: „Kakvu bi knjigu đavolov kapelan mogao da napiše o nespretnom, rastrošnom, nesmotrenom i užasno okrutnom delovanju prirode". Upečatljiv izraz đavolov kapelan uzeo sam za naslov prethodne knjige, a u drugoj sam ovako formulisao stvari:

> Priroda nije ni dobra ni loša. Niti je protiv patnje, niti za nju. Prirodu patnja ni na koji način ne zanima, osim ukoliko ne utiče na opstanak DNK. Lako je zamisliti da postoji gen koji, recimo, smiruje gazele pre nego što zadobiju smrtonosni ugriz. Da li bi prirodna selekcija favorizovala takav gen? Ne, osim ako bi čin smirivanja gazele povećavao verovatnoću prenošenja tog gena na buduće generacije. Teško da bi to bio slučaj, pa stoga možemo pretpostaviti da gazele pre nego što postanu plen predatora - a većina tako skonča - doživljavaju užasan bol i strah. Ukupna godišnja suma patnje u prirodnom svetu nadilazi sve što pristojan um uopšte može zamisliti. Tokom ovog minuta, koliko mi je potrebno da sastavim rečenicu, hiljade životinja su žive pojedene, neke beže u pokušaju da spasu život, cvileći od straha, neke pak polagano izjedaju paraziti koji gmižu

u njima, hiljade životinja svih vrsta umiru od gladi, žeđi i bolesti. Tako mora biti. Ako ikada dođe vreme obilja, sama ta činjenica će automatski dovesti do rasta populacije sve dotle dok se ponovo ne uspostavi prirodno stanje gladovanja i smrti.

Paraziti verovatno uzrokuju još više patnje nego grabljivci, a kad se prouči njihova evolucija pre se pojačava, nego što se ublažava osećaj uzaludnosti koji imamo kada o tome razmišljamo. Svaki put kada se prehladim, pobesnim zbog toga (a kao što to već biva, trenutno sam prehlađen). Možda je to tek neznatna neugodnost, ali tako je *besmislena!* Ako vas pojede anakonda, makar se možete osećati kao da ste doprineli dobrobiti jednog od gospodara života. Kada bi vas pojeo tigar, vaša poslednja misao bi mogla biti: Ko to večan, čiji rad, tvoj jezivi stvori sklad? Iz ponora, neba kog on žar uze oka tvog? (Blejk, *Tigar*) Ali virus!

U sam DNK virusa je upisana besmislena jalovost - u stvari, u slučaju običnog virusa prehlade, upisana je u RNK, ali princip je isti. Jedina svrha postojanja virusa jeste dalje pravljenje virusa. Pa, na kraju krajeva, isto važi i za tigrove i zmije, ali u tim slučajevima to ne deluje *tako* zaludno. Tigar i zmija možda jesu mašine za replikaciju DNK, ali oni su divne, elegantne, složene, skupe mašine za replikaciju DNK. Ja sam dao novac za očuvanje tigrova, ali kome bi uopšte palo na pamet da donira novac za očuvanje obične prehlade? Dok po ko zna koji put duvam nos i borim se za dah, zaprepašćuje me zaludnost prehlade.

Uzaludnost? Kakva besmislica. Sentimentalna, ljudska besmislica. *Celokupna* prirodna selekcija je uzaludna. Sve se vrti oko opstanka samoumnožavajućih instrukcija za samoumnožavanje. Ako će zahvaljujući tome što će me anakonda celog progutati preživeti određen tip DNK ili će određen tip RNK preživeti tako što će me naterati da kijam - to je jedino objašnjenje koje nam je potrebno. I virusi i tigrovi su sazdani od kodiranih instrukcija čija je krajnja poruka ista kao i kod kompjuterskog virusa: „Umnoži me”. U slučaju virusa, instrukcija se izvršava prilično direktno. I DNK tigra je program tipa „Umnoži me”, ali on sadrži skoro neverovatno ogromnu digresiju koja je neophodna kao sastavni deo izvršenja osnovne poruke. Ta digresija je sam tigar, sa očnjacima, kandžama, mišićima za trčanje i lovačkim instinktima. DNK tigra kaže: „Umnoži me zaobilaznim putem, tako što ćeš prvo napraviti tigra”. Isto tako, DNK antilope kaže: „Umnoži me zaobilaznim putem, tako što ćeš prvo napraviti antilopu, s dugim nogama i brzim mišićima, instinktivnom plahošću i izuzetno oštrim

čulima kojima oseća opasnost od tigrova". Patnja je sporedni proizvod evolucije koja se odvija putem prirodnog odabiranja, neizbežna posledica koja nas možda zabrinjava u trenucima posebne saosećajnosti, ali ne možemo očekivati da će zabrinuti tigra - čak i ako bismo mogli reći da tigra bilo šta brine - i zasigurno ne možemo očekivati da će brinuti njegove gene.

Teolozi toliko brinu o patnji i zlu, da su čak smislili i naziv - teodiceja (doslovno, bogoopravdanje) - za pokušaj pomirenja patnje i zla s pretpostavljenom božjom dobrotom. Evolucioni biolozi tu ne vide nikakav problem, pošto zlo i patnja ni na koji način ne utiču na računicu opstanka gena. Ipak, potrebno je da razmotrimo bol. Sa evolucionističkog stanovišta gledano, otkud bol?

Pretpostavljamo da je bol, kao i sve drugo u vezi sa životom, darvinistički izum koji služi za poboljšanje života paćenika. Mozgovi funkcionišu po opštem načelu: „Ako osetiš bol, prestani da radiš šta god da radiš i ne čini to više". Zašto pak mora da bude tako prokleto mnogo bola, ostaje zanimljivo pitanje za raspravu. Teoretski, pomislili biste da bi kad god životinja učini nešto što joj škodi, recimo, dohvati užareni ugalj, u mozgu mogao da se aktivira neki bezbolan ekvivalent crvene zastavice za uzbunu. Čini se da bi bilo sasvim dovoljno izričito upozorenje: „To više da nisi učinila!", ili bezbolna promena u shemi funkcionisanja mozga usled koje životinja to, naprosto, više ne bi ponovila. Čemu užasna agonija koja može trajati danima i koja možda nikada neće izbledeti iz sećanja? Možda je hvatanje u koštac sa ovim pitanjem svojevrsna verzija teodiceje evolucione teorije? Zašto toliko bola? Šta je loše u crvenoj zastavici?

Ja nemam izričit odgovor. Evo jedne intrigantne mogućnosti. Šta ako je mozak podložan oprečnim željama i impulsima, između kojih postoji nekakva unutrašnja borba? Subjektivno, to osećanje nam je dobro poznato. Recimo, možemo biti raspeti između gladi i želje da budemo vitki. Ili između besa i straha. Ili seksualne želje i stidljivosti i straha da ćemo biti odbijeni ili savesti koja nam nalaže da budemo verni. Bukvalno, možemo osetiti tutnjavu rata između oprečnih želja koji se vodi u nama. A sada se vratimo bolu i mogućem razlogu njegove premoći nad „crvenom zastavicom". Baš kao što želja da budemo vitki može nadvladati glad, tako je sasvim moguće savladati i želju da izbegnemo bol. Žrtve mučenja možda na kraju pokleknu, ali često će radije trpeti dugotrajan i jak bol nego što će, recimo, izdati prijatelje svoje zemlje ili ideologije. Ukoliko se uopšte može reći da prirodna selekcija nešto želi ili ne želi, onda ne želi da se jedinke žrtvuju zbog ljubavi za zemlju, za

dobrobit ideologije, partije, grupe ili vrste. Prirodna selekcija je protiv individualnog nadvladavanja upozoravajućih osećaja bola. Prirodna selekcija želi da opstanemo ili, preciznije, da se reprodukujemo i zanemarimo zemlju, ideologiju ili njihove ekvivalente među drugim vrstama. Što se tiče prirodne selekcije, crvene zastavice će odneti prevagu samo ako su potpuno nesavladive.

Elem, uprkos filozofskim teškoćama, mislim da bi slučajevi nadvladavanja bola iz ne-darvinističkih razloga - razloga odanosti zemlji, ideologiji itd. - bili češći da umesto pravog, snažnog, nepodnošljivog bola imamo crvenu zastavicu. Pretpostavimo da nastanu genetički mutanti koji ne osećaju razdiruću agoniju bola nego se od telesnih povreda štite oslanjajući se na sistem crvenih zastavica. Tako bi se lako odupirali mučenju da bi ih odmah regrutovali za špijune. Jedino što bi onda bilo lako pronaći agente spremne da podnesu mučenje pa bi mučenje prestalo da se koristi kao metod bilo kakve iznude. Ali da li bi takvi mutanti koji ne osećaju bol i funkcionišu po sistemu crvenih zastavica, bili uspešniji u opstanku u divljini od svojih takmaca osetljivih na bol? Da li bi opstali i preneli dalje gene za zamenske zastavice koje upozoravaju na bol? Čak i ako ostavimo po strani posebne okolnosti mučenja i ideološke odanosti, uvidećemo da bi odgovor mogao biti negativan. A možemo samo zamisliti neljudske ekvivalente.

Zanimljivo je da postoje pojedinci s poremećajem osetljivosti na bol i da obično loše prolaze. Urođena neosetljivost na bol sa anhidrozom (CIPA - Congenital insensitivity to pain with anhidrosis) retka je genetička abnormalnost pri kojoj u koži obolelog ne postoje ćelije receptori bola (oboleli se isto tako ne znoji - otud anhidroza). Opšte je poznato da oboleli od ovog poremećaja nemaju ugrađen sistem crvenih zastavica koji bi kompenzovao nedostatak sistema bola, ali pomislili bismo da mogu naučiti da prepoznaju kada je potrebno zaštititi se od telesne povrede - tj. da bi kroz učenje mogli usvojiti sistem crvenih zastavica. Osobe sa ovim poremećajem doživljavaju raznovrsne neprijatne posledice neosetljivosti na bol, uključujući opekotine, prelome, višestruke ožiljke, infekcije, nelečene upale slepog creva i ozbiljne ozlede oka. Još više iznenađuje to što pate i od ozbiljnog oštećenja zglobova pošto, za razliku od ostalih, ne menjaju položaj tela kada dugo nepomično sede ili leže. Neki oboleli navijaju sat kao podsetnik da često menjaju položaj tokom dana.

Čak i ako bi se sistem crvenih zastavica u mozgu mogao učiniti efikasnim, izgleda da nema nikakvog razloga da ga prirodna selekcija, samo

zato što je manje neprijatan, favorizuje u odnosu na sistem pravog bola. Za razliku od našeg hipotetičkog dobronamernog projektanta, prirodna selekcija je ravnodušna spram intenziteta patnje - osim kad utiče na opstanak i reprodukciju. I, kao što bismo i očekivali ako svet prirode počiva na opstanku najsposobnijih, a ne na stvaranju, takav svet prirode izgleda da ne preduzima baš nikakve korake u cilju smanjenja ukupnih patnji. Stiven Džej Guld je razmatrao takva pitanja u jednom lepom eseju, „Nemoralna priroda", iz koga sam saznao da Darvinovo čuveno gađenje prema osama iz porodice *Ichneumonidae,* koje sam citirao na kraju prethodnog poglavlja, nije bilo nimalo neuobičajeno među viktorijanskim misliocima.

Ose potajnice koje parališu ali ne ubijaju žrtvu, kako bi položile jaja u njoj iz kojih bi trebalo da se razviju larve koje će produbiti sebi put unutar žrtve, kao i surovost prirode uopšte, bile su glavne preokupacije viktorijanske teodiceje. Lako je uvideti zašto. Ženke ose polažu jaja u živom plenu, u telu insekata kao što su gusenice; samo prethodno obavezno temeljno obrade svojom žaokom svaki ganglion žrtve, kako bi je paralisale, ali ostavile u životu. Mora ostati živa da bi obezbedila sveže meso za larvu ose koja se hrani i raste u njoj. A larva vodi računa da unutrašnje organe plena jede razumnim redosledom. Prvo uzima masno tkivo i digestivne organe, ostavljajući srce i nervni sistem za kraj - jer su to vitalni organi neophodni da bi gusenica ostala u životu. A, kao što je Darvin tako jetko upitao, kakav bi dobar stvaralac mogao *to* da smisli? Ne znam da li gusenice osećaju bol. Iskreno se nadam da ne osećaju. Ali znam da prirodna selekcija ni u kom slučaju ne bi preduzela nikakve korake da im ublaži bol ako se posao već može ekonomičnije završiti samo tako što im se parališu pokreti.

Guld citira velečasnog Vilijama Baklenda, vodećeg geologa iz 19. veka, koji je utehu pronašao u sopstvenom optimističkom tumačenju patnje koju uzrokuju mesožderi:

> Stoga izgleda da je susret sa smrću posredstvom mesoždera, kao uobičajen svršetak životinjske egzistencije, po svom osnovnom rezultatu izraz dobrote; on umnogome smanjuje ukupan bol „univerzalne smrti"; posredstvom zverskih stvorova takva smrt umanjuje, gotovo poništava, patnje zbog bolesti, slučajnih povreda i dugotrajne samrtne agonije; još i tako blagodatno ograničava da se preterano ne poveća brojnost, da ponuda hrane uvek ostaje srazmerna potražnji. Rezultat je da su površina zemlje i vodene dubine uvek naseljene mnoštvom živih bića, čija životna zadovoljstva traju koliko i

sam njihov život i koja tokom malobrojnih dana postojanja koji su im dodeljeni s radošću ispunjavaju svrhe za koje su stvorena.

Pa, zar im nije lepo!

POGLAVLJE 13

IMA VELIČANSTVENOSTI U OVOME POGLEDU NA ŽIVOT

ČARLS Darvin, za razliku od svog dede Erazmusa, evolucioniste čijoj su se naučnoj poeziji divili Vordsvort i Kolridž (što, moram reći, pomalo iznenađuje), nije bio poznat kao pesnik ali postigao je lirski krešendo u poslednjem pasusu *Postanka vrsta.*

> Tako, usled rata u prirodi, usled gladi i smrti,[87] neposredno proizilazi najuzvišeniji objekt koji možemo zamisliti, naime, stvaranje viših životinja. Ima veličanstvenosti u ovome pogledu na život, sa njegovim različitim moćima koje su prvobitno udahnute u nekoliko oblika ili samo u jedan; i u tome što se, dok se naša planeta, pokoravajući se utvrđenom zakonu gravitacije kreće po svojoj kružnoj putanji, od jednog tako prostoga početka stvoren je beskonačan broj najlepših i najdivnijih oblika, i još se evolucijom stvaraju.

Mnogo se toga steklo u ovom poznatom zaključku i na koncu ove knjige razložiću ga red po red.

„USLED RATA U PRIRODI, USLED GLADI I SMRTI”

Jasne misli kao i uvek, Darvin je prepoznao moralni paradoks u suštini svoje velike teorije. Nije bio blagorečiv - ali izrazio je umirujuću misao da

priroda nema zle namere. Stvari jednostavno slede iz „zakona koji vladaju oko nas”, da citiram rečenicu iz istog pasusa. Nešto slično je rekao i na kraju sedmog poglavlja *Postanka:*

> to može ne biti logički zaključak, ali za moju je maštu mnogo veće zadovoljstvo gledati na takve instinkte, kao kad mladi kukavičić izbacuje iz gnezda svoju braću i sestre po majci hraniteljki, kad mravi vrše zarobljenje, kad se larve osa potajnica hrane unutricom živih gusenica, ne kao na naročito darovane ili stvorene instinkte, već kao na male posledice jednog opšteg zakona koji vodi usavršavanju svih organskih bića - naime, umnožavanju, variranju, održavanju u životu najjačih i izumiranju najslabijih.

Pominjao sam već da se Darvin gadio (kao i njegovi savremenici) običaja ženki osa potajnica (*Ichneumonidae*) da ubodu žrtvu i parališu je ali ne i ubiju, pa meso ostaje sveže dok larve jedu živi plen iznutra. Darvin, kao što znate, nije mogao ni sam sebe ubediti da je dobronamerni tvorac mogao smisliti takvu groznu naviku. Ali kada je prirodna selekcija za kormilom, sve postaje jasno, shvatljivo i razumno. Prirodnoj selekciji nije stalo do ugodnosti. Zašto bi? Da bi se nešto dogodilo u prirodi, jedini zahtev treba da bude ispunjen - da je isti događaj u davnoj prošlosti pomogao opstanku gena koji su mu davali važnost. Opstanak gena je dovoljno objašnjenje za surovo ponašanje osa i bezosećajnu ravnodušnost cele prirode. Dovoljno i zadovoljavajuće za intelekt iako ne i za ljudsku saosećajnost.

Tačno je, ima veličanstvenosti u ovom pogledu na život. Ima veličanstvenosti čak i u spokojnoj ravnodušnosti prirode prema patnji koja neumoljivo sledi svoje najvažnije načelo, opstanak najsposobnijih.

Teolozi bi sada mogli da se trgnu na ovaj prizvuk poznate ideje iz teo diceje po kojoj se smatra da je patnja neizbežno povezana sa slobodnom voljom. Za biologe će pak neumoljivo sigurno biti previše jaka reč kada pomisle - možda u skladu s mojom meditacijom o crvenim zastavicama iz prethodnog poglavlja - na biološku funkciju sposobnosti za patnju. Ako životinje ne pate, neko ne radi dovoljno dobro na poslovima opstanka gena.

Naučnici su ljudi i imaju jednako pravo kao i drugi da kritikuju okrutnost i zgražavaju se nad patnjom. Ali dobri naučnici poput Darvina znaju da se treba suočiti s tim istinama o stvarnom svetu, ma koliko odvratne bile. Štaviše, ako ćemo dopustiti pristrasno razmatranje, ima nečeg zanosnog u ogoljenoj logici koja vlada nad svim u životu, pa i nad osama koje se gnezde u nervnim ganglijama žrtve, mladuncima kukavice koji izbacuju svoju braću

iz hraniteljskog gnezda, mravima porobljivačima i nad jednoumnom, ili bolje rečeno bezumnom, ravnodušnošću prema patnji koju pokazuju svi paraziti i predatori. Darvin je učinio sve da nas uteši i stoga je poglavlje o borbi za opstanak završio rečima:

> Sve što možemo činiti jeste da stalno imamo na umu da svako živo biće teži da poveća svoj broj u geometrijskoj progresiji; da svako u nekoj periodi svoga života, za vreme nekog doba godine, u svakom pokolenju ili sa prekidima, mora da vodi borbu za opstanak i da trpi velika uništavanja. Ako razmislimo o toj borbi, možemo da se tešimo sa punim uverenjem da rat u prirodi nije neprekidan, da se ne oseća strah,[88] da je smrt obično brza i da snažni, zdravi, i srećni nadživljuju i množe se.

Pucati u glasnika jedna je od glupljih ljudskih mana i na njoj se temelji dobar deo protivljenja evoluciji o kojem sam govorio u uvodu. „Učite decu da su životinje pa će se i ponašati kao životinje." Čak i kad bi bilo tačno da evolucija, ili učenje o evoluciji, podstiče nemoralnost, to ne bi ukazivalo da je teorija evolucije pogrešna. Prilično je neverovatno kako mnogi nisu u stanju da uvide tu jednostavnu suštinu. Ova zabluda je toliko česta da čak ima i ime: *argumentum ad consequentiam* - X je tačno (ili netačno) zavisno od toga koliko mi se dopadaju (ili ne dopadaju) njegove posledice.

„NAJUZVIŠENIJI OBJEKT KOJI MOŽEMO ZAMISLITI"

Da li je „stvaranje viših životinja" uistinu „najuzvišeniji objekt koji možemo zamisliti"? *Najuzvišeniji*? Stvarno? Zar nema još uzvišenijih stremljenja? Umetnost? Duhovnost? *Romeo i Julija*? Opšta teorija relativnosti? Deveta Betovenova simfonija? Sikstinska kapela? Ljubav?

Ne smete zaboraviti da je Darvin, i pored sve svoje skromnosti, gajio visoke ambicije. U njegovom pogledu na svet, sve o ljudskom umu, sve naše emocije i duhovne težnje, sva umetnost i matematika, filozofija i muzika, sva dela intelekta i duha, proizvod su istog procesa čiji su krajnji ishod više životinje. Ne radi se samo o tome da bez razvijenog mozga ne bi bilo duhovnosti i muzike. Mozgovi su se prirodnom selekcijom birali tako da budu sve veći i moćniji iz praktičnih razloga, sve dok se te više sposobnosti intelekta i duha nisu pojavile kao sporedan proizvod i procvetale u

kulturološkom okruženju koje su pružili život u zajednici i jezik. U Darvinovom pogledu na svet nema nipodaštavanja viših ljudskih sposobnosti, niti njihovog svođenja na ponižavajuću ravan. Nema čak ni pokušaja da se one objasne na nivou koji bi bio vrlo zadovoljavajući, onako kako je zadovoljavajuće, recimo, Darvinovo objašnjenje ponašanja gusenice koja podražava zmiju. Ali s njegovim pogledom na svet izbrisana je ona nedosegljiva tajna - koja nije ni vredna pokušaja da se dosegne - što mora da je uporno ometala sve pokušaje pre Darvina da se razume život.

Darvin se ne mora braniti od mojih napada i preći ću preko pitanja da li je postanak viših životinja najuzvišeniji objekt koji možemo zamisliti, ili je samo vrlo uzvišen. Ali, šta je s predikatom? Da li postanak viših životinja „neposredno proizilazi" iz rata u prirodi, gladi i smrti? Pa, jeste, proizilazi. Proizilazi neposredno ako razumete Darvinovo zaključivanje, ali do 19. veka to niko nije uvideo. Mnogi ga ni danas ne razumeju, ili se i ne trude. Nije teško zaključiti zašto. Kada razmislite o tome, i samo naše postojanje, posmatrano s post-darvinovskom jasnoćom, kandidat je za najčudesniju činjenicu u životu o kojoj iko od nas može promišljati. Uskoro ću se vratiti na tu temu.

„KOJE SU PRVOBITNO UDAHNUTE"

Više ne znam broja besnih pisama koja sam primio od čitalaca moje prethodne knjige, u kojima me okrivljuju da sam, prema njihovom mišljenju, namerno ispustio suštinsku reč Tvorac pre glagola udahnuti. Nisam li namerno izvrnuo Darvinovu nameru? Ovi revnosni korespondenti zaboravili su da je objavljeno šest izdanja te Darvinove velike knjige. U prvom izdanju rečenica glasi baš kao što sam je ovde napisao. Darvin je verovatno popustio pod pritiskom religijskog lobija i u drugo, i sva ostala izdanja, umetnuo reč Tvorac. Osim ako ne postoji dobar razlog da učinim suprotno, uvek citiram prvo izdanje *Postanka vrsta.* Donekle i zbog toga što je originalni primerak iz istorijskog prvog izdanja, čiji je tiraž bio 1250 komada, jedna od najdragocenijih stvari koju posedujem; dao mi ju je moj dobročinitelj i prijatelj Čarls Simonji. Ali, to radim i stoga što prvo izdanje ima najveću istorijsku vrednost. To izdanje je snažno udarilo u viktorijanski pleksus i istisnulo vekovima star ustajali vazduh. Povrh toga, kasnija izdanja, a posebno šesto, povlađivala su i više nego što je javno mnjenje htelo. U pokušaju da odgovori na mnoge učene kritike prvog izdanja ali i na one

kritike koje su promašile suštinu, Darvin je ponovo razmotrio, čak i revidirao svoje stavove o mnogim važnim temama u vezi s kojima je od početka bio u pravu. Dakle, stoji „koje su prvobitno udahnule", a ne „koje je Tvorac prvobitno udahnuo".

Izgleda da je Darvin zažalio zbog tog povlađivanja religioznom razmišljanju. Godine 1863. godine napisao je svom prijatelju, botaničaru

Džozefu Hukeru: „Dugo sam žalio što sam se dodvoravao javnom mnjenju i upotrebio izraz iz Petoknjižja iako sam, u stvari, mislio da su se pojavile usled sasvim nepoznatih procesa". „Izraz iz Petoknjižja" koji Darvin ovde pominje jeste reč „stvaranje". Fransis Darvin je objasnio kontekst, u svom izdanju očevih pisama iz 1887. godine: Darvin je pisao Hukeru da se zahvali što mu je pozajmio na čitanje prikaz Karpenterove knjige u kojem je nepoznati recenzent govorio o „sili stvaranja... koju je Darvin mogao iskazati samo terminima iz Petoknjižja, kao primordijalni oblik u koji je 'prvi put udahnut život'". Danas bismo se razilazili i u tumačenju izraza „prvobitno udahnut". Šta je trebalo da bude udahnuto u nešto? Pretpostavljam da se referenca odnosila na neku vrstu daha života[89], ali šta bi to značilo? Što više posmatramo granicu između živog i neživog, to razlike postaju sve varljivije. Život, životnost, trebalo je da ima nekakav treperavi, pulsirajući kvalitet, neku životnu esenciju - koja je izražena na francuskom da bi bila još tajanstvenija: *elan vital*[90]**.** Život, izgledalo je, beše sazdan od naročite životne supstance, gadne smese po imenu „protoplazma" Profesor Čelendžer Konana Dojla, izmišljeni lik pun sebe više i od Šerloka Holmsa, otkrio je da je Zemlja živa. Ona je poput džinovske morske kornjače čiji je oklop Zemljina kora a čije se jezgro sastoji od čiste protoplazme. Sve do sredine 20. veka mislilo se da je život kvalitativno iznad fizike i hemije. Sada se više ne veruje u to. Razlika između živog i neživog nije u supstanci nego u *informaciji.* Žive stvari sadrže goleme količine informacija. Većina je digitalno upisana u DNK a velike količine su kodirane i na druge načine, kao što ćemo odmah videti.

U slučaju DNK, prilično dobro razumemo kako su se informacije nagomilavale tokom geološkog vremena. Darvin je to nazivao prirodnom selekcijom, a mi možemo biti nešto precizniji: neslučajno preživljavanje informacija koje kodiraju embriološke recepte za preživljavanje. Samo po sebi, jasno je kako se može očekivati da recepti za vlastito preživljavanje imaju tendenciju da prežive. Kod DNK je posebno to da ona ne preživljava kao samostalni entitet nego u obliku neodređenog broja kopija. Pošto se ponekad događaju greške prilikom kopiranja, nove varijante možda će češće

preživljavati nego njihovi preci pa će se baza podataka u kojima su kodirani recepti za preživljavanje s vremenom usavršavati. Ta poboljšanja biće vidljiva u boljim telima i drugim izumima i uređajima za čuvanje i rasprostiranje kodiranih informacija. U stvarnosti, čuvanje i rasprostiranje informacija iz DNK obično znači preživljavanje i razmnožavanje tela koja ih sadrže. Darvin je proučavao na nivou tela, bavio se njihovim preživljavanjem i razmnožavanjem. Informacije kodirane u njima bile su posredno prisutne u njegovom pogledu na svet ali nisu postale očigledne sve do 20. veka.

Genetička baza podataka postaće skladište informacija o oblinama koje su postojale u prošlosti, okruženjima u kojima su naši preci preživljavali i prenosili gene koji su im u tome pomagali. Pod pretpostavkom da će sadašnja okolina i buduće okoline biti slične onima iz prošlosti (a uglavnom je tako) ova „genetička knjiga mrtvih", ispostavlja se, biće koristan priručnik za preživljavanje u sadašnjosti i budućnosti. Skladište tih informacija će, u svakom trenutku, postojati u telima jedinki, ali na duži period, kada je razmnožavanje seksualno a DNK se meša od tela do tela, baza podataka o preživljavanju biće genski fond vrste.

Genom svake jedinke, iz bilo koje generacije, biće uzorak iz baze podataka vrste. Različite vrste imaće različite baze podataka zbog različitih predačkih svetova. Baza podataka u genskom fondu kamile sadržaće podatke o pustinjama i kako u njima preživeti. DNK u genskom fondu krtice sadržaće uputstva i savete za preživljavanje i mraku i vlažnoj zemlji. DNK u genskom fondu grabljivaca sadržaće informacije o plenu, njegovim trikovima za izbegavanje i o tome kako ga nadmudriti. DNK u genskom fondu plena sadržaće informacije o grabljivcima i kako ih izbeći ili ih nadmudriti. DNK u svim genskim fondovima sadržaće informacije o nametnicima i kako se odupreti njihovoj neprestanoj navali.

Informacije o tome kako živeti u sadašnjosti te kako preživeti u budućnosti, nužno su dobijene iz prošlosti. Neslučajno preživljavanje DNK u telima predaka očigledan je način na koji se informacije iz prošlosti spremaju i čuvaju za primenu u budućnosti i upravo tako je izgrađena prva DNK baza podataka. Ali, postoje još tri načina da se informacije o prošlosti arhiviraju tako da se mogu upotrebiti radi povećavanja izgleda za preživljavanje u budućnosti. To su imunološki sistem, nervni sistem i kultura. Zajedno s krilima, plućima i drugim organima za preživljavanje, svaki od tri sekundarna sistema za sakupljanje informacija uverljivo je nagovešten primarnim sistemom: prirodnom selekcijom DNK. Sva četiri sistema možemo nazivati

memorije.

Prva memorija je skladište DNK s predačkim tehnikama za preživljavanje zapisanim u genskom fondu vrste. Baš kao što nasleđena baza podataka DNK beleži detalje o životnom okruženju predaka i kako u njemu preživeti, imunološki sistem - druga memorija - pamti podatke o bolestima i drugim napadima na telo koji su se dogodili tokom života jedinke. Baza podataka o preležanim bolestima i o tome kako ih preboleti, specifična je za svaku jedinku i zapisana je u proteinima koje zovemo antitela - postoji po jedna populacija antitela za svaki patogen (organizam uzročnik bolesti) precizno skrojenih po prethodno stečenom iskustvu s proteinima koji karakterišu taj patogen. Kao i mnoga druga deca iz moje generacije, i ja sam imao ovčije i male boginje. Moje telo pamti to iskustvo, sećanje je utisnuto u proteine antitela zajedno sa ostatkom moje baze podataka o napasnicima koje sam ranije savladao. Srećom, nisam imao dečju paralizu, ali je medicina pametno razvila tehniku vakcinisanja za usađivanje lažnih sećanja o bolestima koje nikada nismo preboleli. Nikada neću dobiti paralizu jer moj telo misli da sam je već imao a moja imunološka baza podataka opremljena je odgovarajućim antitelima jer je obmanuta da ih napravi nakon što mi je u telo ubrizgana bezopasna varijanta virusa. Fascinantno je, kao što su pokazali radovi nekolicine nobelovaca iz oblasti medicine, da se baza podataka imunološkog sistema sama popunjava u kvazidarvinističkom procesu slučajne varijacije i neslučajne selekcije. Ali ovde neslučajna selekcija nije selekcija tela zbog njihove sposobnosti da prežive, nego selekcija proteina *iz* tela zbog njihove sposobnosti da opkole ili na drugi način neutrališu invazivne proteine.

Treća memorija je ona na koju obično mislimo kada kažemo tu reč: memorija nervnog sistema. Nekim mehanizmom, koji još uvek sasvim ne razumemo, mozak pamti stečena iskustva paralelno s memorijom antitela o preležanim bolestima i s memorijom DNK o smrtima i uspesima predaka. Jednostavno gledano, treća memorija radi na principu pokušaja i pogrešaka koji se može smatrati još jednim pandanom prirodnoj selekciji. Kada traži hranu, životinja može pokušati da dođe do nje na nekoliko načina. Iako nije strogo slučajna, ta probna faza je dovoljno dobra analogija genske mutacije. Analogija prirodnoj selekciji je „jačanje”, sistem nagrada (pozitivno pojačanje) i kazni (negativno pojačanje). Prebiranjem po opalom lišću (pokušaj) moguće je pronaći larve insekata i mokrice koje se ispod njega kriju (nagrada). Nervni sistem ima pravilo: „Svaki pokušaj iza koga sledi nagrada treba ponavljati. Nijedan pokušaj iza koga nije usledila nagrada ili je,

još gore, za njim usledila kazna, ne treba ponavljati."

Ali, memorija mozga ide mnogo dalje od kvazidarvinističkog procesa neslučajnog preživljavanja nagrađenih pokušaja i eliminacije onih koji su praćeni kaznom. Memorija mozga (nema potrebe za navodnicima jer reč koristim u pravom značenju), bar u slučaju čoveka, ogromna je i snažna. Ona čuva detaljne prizore predstavljene unutrašnjim simulakrumom svih pet čula. U njoj su sadržani popisi lica, mesta, zvukova, društvenih običaja, pravila, reči. Vrlo dobro je i sami poznajete pa nema potrebe da trošim reči podsećajući vas. Samo ističem zapanjujuću činjenicu da se i leksikon reči koje su mi na raspolaganju za pisanje i identičan, ili bar prilično podudaran, rečnik koji je vama na raspolaganju dok čitate, nalaze u ogromnoj neuronskoj bazi podataka zajedno sa sintaksičkim aparatom za slaganje reči u rečenice i prepoznavanje značenja.

Dalje, treća memorija, moždana, izrodila je četvrtu. Baza podataka u našem mozgu sadrži više od običnog zapisa događaja i osećaja iz ličnog života - iako je to bila granica kada je mozak prvobitno evoluirao. Naš mozak čuva kolektivna sećanja negenetički nasleđena od prošlih generacija, prenesena usmeno ili u knjigama, a danas i preko Interneta. Svet u kojem i vi i ja živimo mnogo je bogatiji zbog onih koji su svoja postignuća upisali u bazu podataka čovekove kulture. Zbog Njutna i Markonija, Šekspira i Stajnbeka, Baha i Bitlsa, Stivensona i braće Rajt, Dženera i Salka, Kirijeve i Ajnštajna, Fon Nojmana i Berners-Lija. I, naravno, Darvina.

Sve četiri memorije deo su, ili manifestacija, ogromne superstrukture aparata za preživljavanje koji je izgrađen u darvinističkom procesu neslučajnog preživljavanja DNK.

„U NEKOLIKO OBLIKA ILI SAMO U JEDAN "

Darvin je bio u pravu što nije igrao samo na jednu kartu, ali danas smo prilično sigurni da su sva živa bića na ovoj planeti potomci jednog pretka. Dokaz za to je, kao što ćete videti u poglavlju 10, činjenica da je genski kod univerzalan, gotovo identičan kod životinja, biljaka, gljiva, bakterija, arhebakterija i virusa. Rečnik sa 64 reči po kojem se troslovne DNK reči prevode u dvadeset amino-kiselina i jednu tačku koja znači „počni da čitaš ovde" ili „prestani da čitaš ovde", pronaći ćete svugde u živom svetu (s jednim ili dva izuzetka koji neće potkopati uopštavanje). Kad bi se otkrili čudni, anomalni mikrobi, recimo da se zovu harumskariote, koji uopšte ne

koriste DNK, ili ne koriste proteine, ili koriste proteine ali ih pletu iz drugačijeg skupa aminokiselina od ovih dvadeset koje poznajemo, ili koriste DNK ali ne i triplet nukleotida, ili koriste triplet nukleotida ali ne i isti rečnik od 64 reči - kad bi bio ispunjen i jedan od ovih uslova, mogli bismo tvrditi da je život započeo dvaput: jednom za harumskariote i drugi put za ostale organizme. I pored svega što je Darvin znao - zapravo, i pored svega što se znalo pre otkrića DNK - neka stvorenja možda su imala svojstva koja sam pripisao harumskariotima, a u tom slučaju bi ono njegovo „u nekoliko oblika" bilo opravdano.

Da li je moguće da su dva nezavisna početka života zasnovana na istom kodu od 64 reči? Malo je verovatno. Da bi to bilo moguće, postojeći kod morao bi imati bitnu prednost nad alternativnim kodovima, a trebalo bi da postoji i put koji vodi ka postepenom poboljšavanju, put po kojem bi prirodna selekcija trebalo da napreduje. Ni jedno ni drugo stanje nije verovatno. Fransis Krik je vrlo rano izneo gledište da je genetički kod „zamrznuti slučaj" koji je, kada nastupi, vrlo teško ili nemoguće promeniti. Zaključivanje je zanimljivo. Bilo kakva mutacija samog genetičkog koda (nasuprot mutacijama gena koje kodira) imala bi katastrofalan rezultat, ne samo na jednom mestu već u celom organizmu. Ako bi i jedna reč iz rečnika od 64 reči promenila značenje, tako da definiše drugačiju amino-kiselinu, gotovo svi proteini u telu bi se odmah promenili, verovatno na mnogim mestima u svojoj strukturi. Za razliku od običnih mutacija koje, na primer, neznatno produžuju noge, skraćuju krila ili potamnjuju boju očiju, promena u genetičkom kodu promenila bi sve odjednom, u celom telu, i to bi bila katastrofa. Razni teoretičari iznosili su genijalne predloge za posebne načine na koje bi genski kod mogao da mutira, načine da se, kako to piše u jednom radu, zamrznuti slučaj „odmrzne". Ma koliko ovo bilo zanimljivo, mislim da je sasvim sigurno kako je svako živo biće čiji je genski kod analiziran, potomak jednog zajedničkog pretka. Bez obzira na to koliko su složeni i međusobno drugačiji programi visokog nivoa na kojima se zasnivaju različiti oblici života, svi su, u osnovi, napisani istim mašinskim jezikom.

Naravno, ne možemo isključiti mogućnost da su se možda bili pojavili drugi mašinski jezici kod bića koja su sada izumrla - nekih oblika harumskariota. Fizičar Pol Dejvis izneo je logičnu tezu: nismo se mnogo potrudili da pogledamo postoje li negde neke harumskariote (naravno, nije upotrebio taj naziv) koje još nisu izumrle već i dalje žive skrivene u kakvoj ekstremnoj izolaciji na našoj planeti. On priznaje da je to malo verovatno, ali

tvrdi - poput čoveka koji izgubljene ključeve traži pod uličnom lampom umesto tamo gde ih je izgubio - kako je mnogo lakše i jeftinije temeljito tražiti takve oblike života na našoj planeti nego putovati do drugih planeta i tražiti ih tamo. U međuvremenu, bez zazora ću ovde zabeležiti kako iščekujem da profesor Dejvis neće ništa pronaći, te da svi postojeći oblici života na Zemlji koriste isti mašinski kod i svi potiču od jednog pretka.

„DOK SE NAŠA PLANETA, POKORAVAJUĆI SE UTVRĐENOM ZAKONU GRAVITACIJE KREĆE PO SVOJOJ KRUŽNOJ PUTANJI"

Ljudi su znali za cikluse koji upravljaju našim životima mnogo pre nego što su ih razumeli. Najočigledniji ciklus je smena dana i noći. Objekti koji lebde u svemiru ili kruže jedan oko drugog po zakonima gravitacije, imaju prirodnu tendenciju da se okreću oko vlastite ose. Postoje izuzeci, ali naša planeta nije među njima. Njen period rotacije je sada dvadeset četiri sata (nekada se okretala brže) i to doživljavamo kao smenu dana i noći.

Pošto živimo na relativno masivnom telu, gravitaciju smatramo silom koja sve vuče prema središtu tela, rekli bismo prema „dole". Ali gravitacija, kao što je prvi spoznao Njutn, ima sveprisutno dejstvo, takvo da tela u kosmosu drži u polutrajnoj orbiti oko drugih tela. To doživljavamo kao ciklus godišnjih doba koji je posledica Zemljinog kretanja oko Sunca.[91] Pošto je osa oko koje se Zemlja okreće nagnuta u odnosu na ravan po kojoj se kreće oko Sunca, dani su duži u polovini godine kada je hemisfera na kojoj živimo bliža Suncu, a noći su tada kraće i taj period ima vrhunac u sredini leta. Tokom druge polovine godine, dani su kraći a noći duže i taj period, kada je na vrhuncu, nazivamo zimom. Kada je na našoj hemisferi zima, sunčevi zraci, ako uopšte dopiru do nas, padaju pod tupljim uglom. Zbog drugačijeg upadnog ugla, sunčev zrak se zimi prostire po mnogo tanjem sloju atmosfere nego isti takav zrak u letnjem periodu. Na mestu prelamanja manje fotona po kvadratnom centimetru, veća je hladnoća. Manje fotona po zelenom listu znači i manje fotosinteze. Isti efekat imaju i kraći dani i duže noći. Zima i leto, dan i noć, naši životi upravljaju se po ciklusima, baš kao što je Darvin rekao - i kako je pre njega zapisano u Knjizi postanja: „Dokle bude zemlje neće nestajati sjetve ni žetve, studeni ni vrućine, ljeta ni zime, dana ni noći."

Gravitacija posreduje i u drugim ciklusima koji su bitni za život, ali oni

nisu tako očigledni. Za razliku od drugih planeta koje imaju više satelita, često vrlo malih, Zemlja ima jedan veliki satelit koji zovemo Mesec. Dovoljno je velik da i sam izaziva značajne gravitacione efekte. Te efekte doživljavamo uglavnom kao ciklus plime i oseke - ne samo relativno brz ciklus dnevnih smena plime i oseke nego i sporiji mesečni ciklus prolećnih plima i mrtvih plima koji izaziva interakcija između sunčevog gravitacionog efekta i efekta Meseca koji se svakih 28 dana okrene oko Zemlje. Ti plimni ciklusi vrlo su važni za morske organizme i organizme koji žive na obali a ljudi su se donekle nerazumno pitali da li su neka sećanja naših morskih predaka možda preživela u našem mesečnom reproduktivnom ciklusu. To je možda malo verovatno, ali je odlična tema za spekulisanje kako bi život bio drugačiji da nema Meseca koji se okreće oko Zemlje. Iznošene su i pretpostavke, po mom mišljenju neutemeljene, da život ne bi bio moguć bez Meseca.

Šta bi bilo ako se naša planeta ne bi okretala oko svoje ose? Ako bi jedna njena strana uvek bila okrenuta Suncu, kao što je ista strana Meseca uvek okrenuta Zemlji, imali bismo jednu polovinu na kojoj je uvek dan i vrlo vruće i drugu polovinu na kojoj je uvek noć i neizdrživo hladno. Da li bi život opstao u pograničnoj zoni između tih polovina ili možda duboko pod zemljom? Sumnjam da bi se život začeo u tako neprijateljskim uslovima, ali kada bi se Zemlja postepeno usporavala sve do zaustavljanja, bilo bi dovoljno vremena za prilagođavanje i nije nemoguće da bi bar neke bakterije preživele.

Šta bi bilo kada bi se Zemlja okretala, ali oko ose koja nije nagnuta? Sumnjam da bi to uništilo život. Ne bi bilo smene zime i leta. Zima i leto zavisili bi od geografske širine i dužine a ne od vremena. Bića oko polova ili visoko u planinama stalno bi živela zimi. Ne vidim zašto bi to izbrisalo život - on bi bez godišnjih doba bio samo manje zanimljiv. Ne bi bilo motivacije za migriranje, za parenje u jedno doba godine umesto u drugo, za opadanje lišća, za linjanje ili hiberniranje.

Ako planeta ne bi bila u orbiti oko zvezde, život uopšte ne bi bio moguć. Jedina alternativa okretanju oko zvezde je jurnjava kroz prazan prostor - tminu blizu apsolutne nule, u samoći i daleko od izvora energije koja omogućava da život teče uzvodno, privremeno i lokalno, protiv termodinamičke bujice. Darvinove reči da se naša planeta „pokoravajući se utvrđenom zakonu gravitacije kreće po svojoj kružnoj putanji”, više je od pesničkog načina da izrazi neprekidan i nezamislivo dug tok vremena.

Jedino tako što će se kretati u orbiti oko zvezde telo može da ostane na

relativno nepromenjenoj udaljenosti od izvora energije. U blizini zvezde - a naše Sunce je tipična zvezda - postoji ograničen prostor okupan toplotom i svetlošću u kojem je moguć razvoj života. Kako se odmičete od zvezde dalje u kosmos, nastanjiva zona brzo nestaje, povinujući se poznatom zakonu obrnutog kvadrata. Zapravo, svetlost i toplota nestaju, ali ne proporcionalno udaljenosti od zvezde, već proporcionalno kvadratu te udaljenosti. Lako je razumeti zašto je tako. Zamislite koncentrične sfere sve većeg prečnika čiji je centar u centru zvezde. Energija koju zvezda zrači pada na površinu sfere i ravnopravno se deli na svaki kvadratni centimetar unutrašnje površine sfere. Površina sfere proporcionalna je kvadratu njenog poluprečnika. Ako je rastojanje između sfere A i zvezde dvaput veće od od rastojanja između sfere B i zvezde, isti broj fotona treba raspodeliti na četiri puta veću površinu. Zato su Merkur i Venera, planete najbliže Suncu u našem sistemu, užarene, a udaljenije, kao što su Neptun i Uran, hladne su i mračne, ali još uvek toplije i svetlije od dubokog kosmosa.

Prema drugom zakonu termodinamike, iako energija ne može biti ni uništena ni stvorena, ona može - mora, u zatvorenom sistemu - biti manje sposobna da izvrši koristan rad: to znači da entropija raste. Pod radom se podrazumeva, na primer, pumpanje vode uzbrdo ili, u oblasti hemije, izdvajanje ugljenika iz ugljen-dioksida iz atmosfere i njegovo korišćenje u biljnom tkivu. Oba ova primera, kako je objašnjeno u poglavlju 12, mogu da se realizuju samo ako se sistem snabdeva energijom, na primer, električnom energijom kojom će se napajati pumpa za vodu ili solarnom energijom koja će se koristiti za sintezu šećera i skroba u zelenim biljkama. Kada se voda pumpom izbaci na brdo, težiće da teče nizbrdo a deo te energije moći će da se upotrebi za okretanje vodeničnog točka. On će generisati električnu energiju koja može pokretati motor pumpe tako deo vode opet može izbaciti uzbrdo. Ali samo deo vode! Deo energije se uvek gubi, ali ona ne nestaje. Nemoguće je konstruisati mašine koje bi se neprestano kretale (to nikad ne zvuči suviše dogmatski).

U hemijskim procesima života, ugljenik izdvojen iz vazduha kroz hemijske reakcije „uzbrdo” u biljkama, napajane sunčevom energijom, može sagorevati da bi se oslobodilo nešto energije. Možemo ga doslovno spaljivati u obliku uglja. Zamislite da je taj ugalj rezervoar solarne energije, koju su tamo spremile davno umrle biljke iz karbona i drugih prastarih perioda. Ili, energija se može oslobađati na bolje kontrolisan način nego što je sagorevanje. U živim ćelijama, bilo biljaka ili životinja koje se hrane

biljkama, ili životinja koje se hrane životinjama koje jedu biljke (i tako dalje), jedinjenja ugljenika nastala pod delovanjem Sunca sporo sagorevaju. Umesto da doslovno sagori u plamenu, ugljenik oslobađa energiju na upotrebljiv, polagan način i tako se koristi za održavanje hemijskih reakcija koje troše energiju. Deo energije neizbežno se gubi u obliku toplote - kada se to ne bi događalo imali bismo perpetuum mobile a to je (nije mi teško da stalno ponavljam) nemoguće.

Gotovo sva energija u kosmosu postepeno se degradira iz oblika koji mogu vršiti rad u oblike koji ne mogu vršiti rad. Na delu je izjednačavanje, ili mešanje, sve dok se u jednom trenutku ceo kosmos ne smiri u jednoličnoj termičkoj smrti u kojoj se (doslovno) ništa ne događa. Ali, dok se kosmos neizbežno kotrlja nizbrdo ka stanju termičke smrti, postoje opsezi za male količine energije koje će lokalne sisteme pokretati u suprotnom smeru. Voda iz mora diže se u vazduh i formira oblake koji kasnije oslobađaju vodu iznad planinskih vrhova odakle ona teče u potocima i rekama i tako omogućava pokretanje vodeničnih točkova ili generatora u električnim centralama. Energija potrebna za premeštanje vode (a time i za pokretanje generatora) dolazi od Sunca. Tu nema kršenja drugog zakona termodinamike, jer se energija neprekidno dobija od Sunca. Sunčeva energija radi nešto slično i u zelenim listovima, pokrećući lokalne hemijske reakcije koje troše energiju pri stvaranju šećera, skroba, celuloze i biljnog tkiva. Biljke će na kraju uvenuti ili će ih pre toga pojesti životinje. Spremljena sunčeva energija ima priliku da se oslobodi preko brojnih kaskada i kroz dugačak i složen lanac ishrane na čijem su kraju bakterije i gljivice što razgrađuju uvenule biljke ili životinje koje su ih jele. Ili, deo nje može dospeti pod zemlju, prvo u obliku treseta a zatim uglja. Međutim, opšti trend prema konačnoj termičkoj smrti kosmosa ne može se obrnuti. U svakoj karici lanca ishrane i kroza svaku energetsku kaskadu unutar ćelije, deo energije degradira se do beskorisnosti. Mašine koje bi se neprekidno kretale... u redu, dosta sam ponavljao, ali *neću se* izvinjavati zbog citiranja, kao što sam to uradio u najmanje jednoj od prethodnih knjiga, izvanredne izreke ser Artura Edingtona na tu temu:

> Ukoliko vam neko ukaže da je vaša omiljena teorija kosmosa u suprotnosti s Maksvelovim jednačinama, utoliko gore po Maksvelove jednačine. Ako se kontradikcije otkriju eksperimentalno, pa dobro - eksperimentalci uvek nešto zabrljaju. Ali, ako se utvrdi da je vaša teorija u suprotnosti s drugim zakonom termodinamike, nema nade. Ne može se ništa učiniti s njom osim da se prepusti propasti uz

najdublje poniženje.

Kada kreacionisti kažu, a to često rade, da je teorija evolucije u suprotnosti s drugim zakonom termodinamike, zapravo nam govore da ne razumeju drugi zakon (već znamo da ne razumeju evoluciju). Tu nema kontradikcije, i to zbog Sunca!

Ceo sistem, bilo da govorimo o životu, ili o vodi koja se diže u oblake i ponovno pada, uvek zavisi od stabilnog toka energije sa Sunca. Iako nikada ne krši zakone fizike i hemije - i sigurno ne krši drugi zakon termodinamike - energija Sunca omogućava životu da pogura i širi zakone fizike i hemije kako bi se razvila čudesna dela koja odlikuje složenost, raznovrsnost, lepota i tajanstvena iluzija statističke neverovatnosti i smišljenog dizajna. Toliko je uverljiva ta iluzija da je vekovima zavodila najpametnije umove, sve dok se nije pojavio Čarls Darvin. Prirodna selekcija je pumpa neverovatnosti: proces koji generiše statistički malo verovatno. Ona sistematski grabi mali broj slučajnih promena koje imaju ono što je neophodno za preživljavanje i akumulira ih, milimetar po milimetar, tokom nezamislivo dugih perioda, sve dok se evolucija ne popne na vrhove neverovatnog i različitog, vrhove čija visina i veličina ne poznaju granice, metaforičke planine koju sam nazvao Planina neverovatnosti. Pumpa neverovatnosti prirodne selekcije, koja životnu složenost penje uz Planinu neverovatnosti, neka je vrsta statističkog ekvivalenta Sunčeve energije koja podiže vodu na vrh prave planine.[92] Život se razvija prema složenijim oblicima samo zbog toga što ga prirodna selekcija lokalno vodi od statistički verovatnog do statistički neverovatnog. A to je moguće samo zbog neprekidnog izvora energije sa Sunca.

„OD JEDNOG TAKO PROSTOGA POČETKA”

Znamo mnogo o tome kako se evolucija odvijala od trenutka kada je pokrenuta, mnogo više nego što je znao Darvin. Ali ne znamo gotovo ništa više nego što je Darvin znao o tome kako je pokrenuta. Ovo je knjiga o dokazima, a mi nemamo dokaze koji potvrđuju značajan događaj što je pokrenuo evoluciju na ovoj planeti. To je mogao biti nepojmljivo nesvakidašnji događaj. Morao se dogoditi samo jednom, a koliko znamo, tako je i bilo. Moguće je čak i da se dogodio samo jedanput, na samo jednom mestu u celom kosmosu, iako u to sumnjam. Ali na osnovu čiste logike a ne dokaza, možemo primetiti kako je Darvin razumno rekao: „Od jednog tako

prostoga početka". Suprotno od jednostavno je statistički neverovatno. Statistički neverovatne stvari ne nastaju spontano: to je pravo *značenje* statistički neverovatnog. Početak mora biti jednostavan a evolucija prirodnom selekcijom je i dalje jedini proces za koji znamo da od jednostavnog početka može dovesti do složenih rezultata.

Darvin u *Postanku vrsta* nije razmatrao kako je evolucija počela. Smatrao je da je taj problem izvan dometa tadašnje nauke. U pismu Hukeru koje sam naveo ranije u poglavlju, Darvin je rekao: „Glupo je sada raspravljati o poreklu života; mogli bismo isto tako misliti i o poreklu materije" On nije isključio mogućnost da bi problem jednog dana mogao biti rešen (zapravo, poreklo materije uglavnom je poznato), ali samo u dalekoj budućnosti: „Proći će neko vreme pre no što budemo videli kako 'sluz protoplazma i drugo' stvara novu životinju".

Na ovom mestu u knjizi pisama njegovog oca, Fransis Darvin dodao je fusnotu:

> O istoj temi moj je otac 1871, godine napisao: „Često se kaže da su se sada stekli svi uslovi za prvo stvaranje živog organizma, koji su se mogli steći. Ali kada bismo (o, kako veliko ali!) mogli imati toplu baru sa amonijakom, fosfornim solima, svetlošću, toplotom, elektricitetom i svime što treba da se hemijski formiraju proteinska jedinjenja spremna za još složenije promene, u današnje vreme takva materija bi odmah bila proždrana ili apsorbovana, što ne bi bio slučaj pre nego što su se živa bića formirala."

Čarls Darvin je ovde istakao dve vrlo različite situacije. S jedne strane, izneo je svoju jedinu pretpostavku o tome kako je život možda nastao (poznati odlomak „mala topla bara"). S druge strane, razuveravao je ondašnju nauku, ukazujući da nema nade kako će se taj događaj ponoviti pred našim očima. Čak iako još uvek postoje „uslovi za prvo stvaranje živog organizma", svaki takav proizvod bi bio odmah „proždran ili apsorbovan" (verovatno bi to učinile bakterije, danas bismo mogli s dobrim razlogom dodati) „što ne bi bio slučaj pre nego što su se živa bića formirala"

Darvin je ovo napisao sedam godina nakon što je Luj Paster izjavio na predavanju na Sorboni: „Doktrina spontanog stvaranja nikada se neće oporaviti od smrtnog udarca koji će joj zadati ovaj jednostavan eksperiment" Taj jednostavan eksperiment bio je onaj u kojem je Paster pokazao, suprotno očekivanju publike tog vremena, da se supa neće pokvariti ako se spreči da mikroorganizmi prodru u nju.

Kreacionisti ponekad citiraju eksperimente kao što je bio ovaj Pasterov, navodeći ih kao dokaz u svoju korist. Silogizam je sledeći: „Spontano stvaranje do sada nije zabeleženo. Prema tome, stvaranje života nije moguće". Darvinova napomena iz 1871. godine precizno je napisana kao britak odgovor na takvu nelogičnost. Očigledno, spontano stvaranje života je veoma redak događaj, ali to se jednom moralo odigrati i to je tačno, smatrali vi taj događaj prirodnim ili neprirodnim. Pitanje koliko je stvaranje života zaista retko vrlo je zanimljivo i vratiću mu se kasnije.

Prvi ozbiljni pokušaji da se razmišlja o tome kako je život mogao započeti, oni Oparinovi u Rusiji i (nezavisno) Holdejnovi u Engleskoj, počeli su poricanjem da i dalje postoje uslovi za prvo stvaranje života. Oparin i Holdejn tvrdili su da je rana atmosfera morala biti drugačijeg sastava nego današnja. Preciznije, u njoj nije moglo biti slobodnog kiseonika pa bi to bila, hemičari bi tajanstveno rekli, redukujuća atmosfera. Danas znamo da je sav slobodni kiseonik u atmosferi rezultat života, posebno biljaka, i da nije deo prethodnog stanja u kojem se pojavio život. Kiseonik je preplavljivao atmosferu kao zagađivač, čak i otrov, sve dok prirodna selekcija nije oblikovala živa bića tako da im bude neophodan i da se, zapravo, guše bez njega. Redukujuća atmosfera inspirisala je najpoznatiji napad na problem porekla života kada je Stenli Miler ispunio posudu jednostavnim sastojcima koji su se mešali i iskrili samo nedelju dana i potom su se u boci stvorile amino-kiseline i druge preteče života.

Darvinova „topla mala bara", zajedno s Milerovom veštičjom mešavinom, danas se često odbacuje kao preambula za neke naprednije i povoljnije alternative. Istina je da nema preovlađujućeg konsenzusa. Izloženo je nekoliko obećavajućih ideja ali nema odlučujućeg dokaza koji bi nepogrešivo ukazivao na jednu. U svojim ranijim knjigama, obradio sam različite zanimljive mogućnosti, uključujući i teoriju kristala anorganske gline Grejema Kerns-Smita i noviju pretpostavku da su uslovi u kojima se život pojavio bili slični paklenim životnim uslovima današnjih termofilnih bakterija i arhebakterija od kojih neke uspevaju i razmnožavaju se u termalnim izvorima s doslovno uzavrelom vodom. Većina biologa se danas okreće teoriji RNK sveta iz razloga za koje mislim da su vrlo uverljivi.

Nije dokazano koji je bio prvi korak u stvaranju života, ali znamo *kakav* je morao biti. To je morao biti korak koji je pokrenuo prirodnu selekciju. Pre tog prvog koraka, nisu bila moguća poboljšanja koja ostvaruje samo prirodna selekcija. To znači da je ključni korak bila pojava, u još nepoznatom procesu,

entiteta koji se mogao samoumnožavati. Samoumnožavanje je dalo populaciju entiteta koji su se međusobno takmičili u umnožavanju. Kako nijedan proces udvajanja nije savršen, u populaciji se neminovno pojavljuju varijacije, a ako varijacije postoje u populaciji umnoživača, oni koji imaju sve što je potrebno da se i dalje umnožavaju postaće dominantni. To je prirodna selekcija, a ona nije mogla početi pre nego što se pojavio prvi samoumnožavajući entitet.

Darvin je u tom odlomku o „maloj toploj bari" pretpostavio da je ključni događaj u postanku života možda spontano stvaranje proteina, ali ispostavilo se da ta Darvinova ideja nije bila toliko inspirativna kao ostale. Time se ne poriče da su proteini vrlo važni za život. U poglavlju 8 videli smo kako imaju veoma posebnu sposobnost da se namotaju i formiraju trodimenzionalne objekte, čiji je tačan oblik određen jednodimenzionalnim nizom konstituenata - amino-kiselina. Takođe smo videli da im taj isti precizan oblik omogućava da kataliziraju hemijske reakcije na vrlo specifičan način, ubrzavajući neke čak i bilion puta. Ova specifičnost enzima čini mogućom biološku hemiju a proteini su, čini se, gotovo neograničeno fleksibilni i mogu poprimiti gotovo bilo koji oblik. To je, dakle, ono u čemu su proteini dobri. U tom poslu su vrlo, vrlo dobri i Darvin je bio prilično u pravu kada ih je pomenuo. Ali postoji nešto u čemu su proteini veoma loši, a Darvin je to previdео. Beznadežno se loše umnožavaju. Oni ne mogu napraviti svoje kopije. To znači da prvi korak u stvaranju života nije moglo biti spontano stvaranje proteina. Šta je, onda, bio prvi korak?

DNK je molekul koji se, prema našim saznanjima, najbolje umnožava. U naprednim oblicima života, DNK i proteini se elegantno dopunjuju. Molekuli proteina su izvrsni enzimi ali se loše umnožavaju. Za DNK vredi suprotno. Ona se ne namotava u trodimenzionalne oblike pa zbog toga ne funkcioniše kao enzim. Umesto da se namotava, ona zadržava otvoren, linearan oblik a to je čini odličnim umnoživačem i odlično opremljenom da zadaje nizove amino-kiselina. Molekuli proteina, upravo zbog toga što se namotavaju u zatvorene oblike, ne izlažu informacije o nizovima tako da se mogu umnožavati ili čitati. Informacije o nizovima nepristupačne su u unutrašnjosti namotanih proteina. Ali, u dugačkim lancima DNK informacije o redosledu su izložene, mogu se čitati i koristiti kao šablon.

Kvaka 22 postanka života je u sledećem. DNK se može umnožavati ali su joj potrebni enzimi koji će katalizovati procese. Proteini mogu katalizirati stvaranje DNK, ali im je potrebna DNK kako bi zadala pravilan redosled

amino-kiselina. Kako su molekuli izašli iz ovog začaranog kruga i pokrenuli prirodnu selekciju? Upoznajte RNK.

RNK pripada polinukleotidima, istoj familiji molekula kao i DNK. Može da kodira istu količinu informacija kao i DNK, a to i radi u živim ćelijama prenoseći genske informacije od DNK do mesta na kojem se može koristiti. DNK funkcioniše kao šablon za izgradnju nizova RNK koda. Nizovi proteina tada se grade korišćenjem RNK, a ne DNK, kao šablona. Neki virusi uopšte nemaju DNK. RNK je njihov genski molekul odgovoran samo za prenos genetičkih informacija s jedne generacije na drugu.

Sada da kažem nešto i o ključnim aspektima teorije RNK sveta. Osim što se može istegnuti u oblik pogodan za prenos informacija o redosledu, RNK se takođe može samostalno sastavljati, kao ogrlica od magneta koju sam pominjao u poglavlju 8, u trodimenzionalne oblike koji mogu delovati kao enzimi. RNK enzimi zaista postoje. Oni nisu efikasni kao proteinski enzimi, ali funkcionišu. Prema teoriji RNK sveta, RNK je bila dovoljno dobar enzim da odbrani opstanak dok se nisu razvili proteini i preuzeli ulogu enzima a istovremeno je bila dovoljno dobar umnoživač dok se nije razvila DNK.

Po meni, teorija RNK sveta je prihvatljiva i vrlo je verovatno da će hemičari u sledećih nekoliko decenija u laboratoriji potpuno rekonstruisati događaje koji su pokrenuli prirodnu selekciju na važan put pre četiri milijarde godina. Fascinantni koraci u pravom smeru već su preduzeti.

Pre nego što završim izlaganje, ponavljam upozorenje koje sam izneo u ranijim knjigama. Zapravo nam ne treba verovatna teorija o poreklu života, a možda bismo postali i depresivni kada bi dovoljno uverljiva teorija bila otkrivena. Ovaj neprikriveni paradoks proizlazi iz poznatog pitanja: „Kud se dedoše?“, koje je postavio fizičar Enriko Fermi. Iako zatečeni tonom njegovog pitanja, Fermijeve kolege, saradnici fizičari u laboratoriji u Los Alamosu, dovoljno dobro su se poznavali pa su znali na šta je mislio. Zašto nas još nisu posetila druga živa bića iz kosmosa? Ako nas već nisu lično posetila, zašto makar nisu uspostavila kontakt preko radio-talasa (što je mnogo verovatnije)?

Danas je moguće proceniti da u našoj galaksiji ima preko milijardu planeta, a da ukupno ima oko milijardu galaksija. Iako je moguće da se samo na našoj planeti u galaksiji razvio život, da bi to bilo tačno, verovatnost pojavljivanja života na planeti morala bi da bude ne mnogo veća od jedan prema milijardu. Teorija za kojom tragamo, o poreklu života na ovoj planeti, nikako *ne bi* trebalo da bude teorija iz koje sledi da je verovatnoća postojanja

života veoma velika. Kada bi bila, život bi bio rasprostranjen u galaksiji. Možda i jeste rasprostranjen, i tada bismo i tražili teoriju po kojoj je život verovatan. Kako još uvek nemamo dokaze o postojanju života izvan naše planete, u ovom trenutku bi nas zadovoljila i teorija iz koje ne sledi da je verovatnoća postojanja života visoka. Ako bismo ozbiljno uzeli Fermijevo pitanje i to što nema posetilaca shvatili kao dokaz da je život u galaksiji ekstremno redak, onda bi trebalo da se nadamo kako ne postoji teorija o poreklu života iz koje proishodi da je život visoko verovatna pojava. Potpuniju argumentaciju izneo sam u knjizi *Slepi časovničar* i tamo nek ostane. Po mom mišljenju, koliko ono ovde vredi (verovatno malo, jer je previše nepoznanica), život je redak ali kad se uzme u obzir ogroman broj planeta (a otkriva ih se sve više) verovatno nismo sami i moguće je da u kosmosu postoje milioni ostrva na kojima se razvio život. Iako možda postoje milioni nastanjenih planeta, one mogu biti toliko udaljene jedna od druge da život nikada ne stupi u kontakt s drugim, čak ni preko radio-talasa. Ako se gleda praktično, to je isto kao da smo sami u kosmosu.

„STVOREN JE BESKONAČAN BROJ NAJLEPŠIH I NAJDIVNIJIH OBLIKA, I JOŠ SE EVOLUCIJOM STVARAJU”

Nisam siguran šta je Darvin mislio pod beskonačni. To je možda samo epitet upotrebljen da začini epitete najlepši i najdivniji. Pretpostavljam da se o tome radi. Ali, volim da pomislim kako je Darvin pod tim podrazumevao nešto konkretnije. Kada se osvrnemo kroz istoriju života, vidimo prizor obnavljanja koje se stalno podmlađuje i nikada se ne završava. Jedinke umiru, vrste, familije, redovi, pa čak i klase izumiru. Ali dok se epohe smenjuju, sam proces evolucije ide dalje, nastavlja svoje ponavljajuće cvetanje, s nenarušenom svežinom i neumanjenom mladolikošću.

Vratimo se nakratko kompjuterskim modelima veštačke selekcije koje sam opisao u poglavlju 2: safari parku kompjuterskih biomorfa, artromorfa i končomorfa koji su pokazali kako su mogle evoluirati raznovrsne školjke. U tom poglavlju predstavio sam kompjuterska bića da bih ilustrovao kako veštačka selekcija deluje i koliko je moćna na dovoljnom broju generacija. Sada ću taj kompjuterski model upotrebiti u drugu svrhu.

Dok sam zurio u ekran kompjutera i uzgajao biomorfe, obojene ili crne,

ili kada sam uzgajao artromorfe, imao sam preovlađujući utisak: to nikada ne dosadi. Stalno postoji nekakav osećaj čudnovatosti. Izgledalo je kao da se program nikada ne umara, a ni igrač. To je suprotno programu Darsi, koji sam ukratko opisao u poglavlju 10, u kojem su geni matematički uneti u koordinate virtualnog komada gume na kojem je nacrtana životinja. Kada igrač u programu Darsi provodi selekciju, kako vreme prolazi, izgleda mu da se sve više udaljava od referentne tačke u kojoj stvari deluju smisleno, prema nenaseljenoj zemlji deformisane inteligencije u kojoj razum kao da se gubi što više se udaljavamo od te početne tačke. Već sam nagovestio razloge za to. U programima biomorf, artromorf i končomorf imamo računarski ekvivalent embrioloških procesa - tri biološki prihvatljiva embriološka procesa. Nasuprot tome, program Darsi uopšte ne simulira embriologiju. Kao što sam objasnio u poglavlju 10, on manipuliše deformacijama preko kojih se jedan odrasli oblik može pretvoriti u drugi odrasli oblik. Pošto nema embriologije, program je uskraćen za „inventivnu plodnost" koju biomorfi, artromorfi i končomorfi pokazuju. Istu inventivnu plodnost pokazuju i embriologije iz stvarnog sveta, što je minimalan razlog zbog kog evolucija stvara „beskonačan broj najlepših i najdivnijih oblika". Ali, možemo li ići dalje od minimalnog?

Godine 1989, napisao sam rad „Evolucija evolutivnosti" u kojem sam izneo pretpostavku da sa smenjivanjem generacija životinje ne samo što postaju sve veštije u preživljavanju nego sve bolje *evoluiraju.* Šta to znači biti dobar u evoluiranju? Koje vrste životinja dobro evoluiraju? Insekti na kopnu i rakovi u moru čine se kao šampioni po diversifikaciji na hiljade vrsta koje zauzimaju niše, ležerno menjajući odoru tokom evolucionog vremena. Ribe takođe pokazuju neverovatnu evolucionu plodnost, isto kao i žabe i neki poznati sisari i ptice.

U tom radu tvrdio sam da je evolutivnost svojstvo embriologija. Geni mutiraju da bi promenili telo životinje, ali oni moraju sazreti kroz procese embrionalnog rasta. Neke embriologije su bolje od drugih u „emitovanju" plodonosnih raspona genskih varijacija na kojima će prirodna selekcija raditi i koje će zbog toga možda bolje evoluirati.

Reč „možda" zvuči preslabo. Nije li gotovo očigledno da, gledano na taj način, neke embriologije *moraju* biti bolje od drugih u evoluciji? Mislim da jeste. Mada je manje očigledno, ipak se može dogoditi da postoji prirodna selekcija na višem nivou i u korist „evolutivnih embriologija" Kako vreme prolazi, embriologije poboljšavaju svoju sposobnost evoluiranja. Ako postoji

ovakva selekcija na višem nivou, ona je bitno drugačija od obične prirodne selekcije koja bira jedinke po sposobnosti da uspešno prenesu gene (ili ekvivalentno, bira gene po sposobnosti da razviju uspešne jedinke). Selekcija višeg nivoa koja unapređuje evolutivnost bila bi od one vrste koju veliki američki evolucioni biolog Džordž K. Vilijams naziva „selekcija klada". Klada je grana stabla života, poput vrste, roda, reda ili klase. Možemo reći da se selekcija klada dogodila kada se klada, na primer, insekti, proširi, diversifikuje i naseli svet mnogo uspešnije nego neka druga klada, kao što su pogonofore (ne, verovatno niste čuli za ova neobična crvolika stvorenja, a za to postoji i razlog: one su neuspešna klada!) Selekcija klada ne znači da se klade moraju međusobno takmičiti. Insekti se ne takmiče s pogonoforama za hranu ili prostor ili neki drugi resurs. Ali svet je prepun insekata, a pogonofora gotovo da i nema i taj uspeh insekata spremni smo pripisati nekoj njihovoj karakteristici. Slutim da ima nešto u njihovoj embriologiji što ih čini evolutivnijima. U poglavlju „Kaleidoskopski embrioni" iz knjige *Uspon Planinom neverovatnosti,* izneo sam razne predloge karakteristika koje podstiču evolutivnost, pa i ograničenje *simetrije* i modularnu građu kao što je *segmentirani* telesni plan.

Možda je zbog svoje segmentirane građe klada artropoda[93] dobra u evoluciji, u emitovanju varijacija u više smerova, u diversifikaciji, u oportunističkom popunjavanju niša kako postaju dostupne. Druge klade mogu biti podjednako uspešne jer su im embriologije ograničene na simetričan razvoj po raznim ravnima.[94] Klade koje naseljavaju i kopno i more dobre su u evoluiranju. U selekciji klada neuspešne izumiru, ili ne uspevaju da se diversifikuju kako bi reagovale na razne izazove - one venu i iščezavaju. Uspešne klade bujaju i cvetaju kao lišće na filogenetskom stablu. Ideja o selekciji klada zavodljiva je kao i Darvinova prirodna selekcija. Zavodljivosti treba odoleti, ili bi trebalo uključiti alarm. Površinska sličnost može nas stalno navoditi na pogrešan put.

Činjenica da postojimo gotovo je nepodnošljivo iznenađujuća. Isto važi i za činjenicu da smo okruženi bogatim ekosistemom životinja koje manje ili više liče na nas, biljaka koje malo manje liče na nas i od kojih zavisimo u prehrani, i bakterija koje liče na naše daleke pretke i kojima ćemo se vratiti kad se budemo raspadali, kad naše vreme prođe. Darvin je bio mnogo ispred svog vremena po tome što je bio kadar da sagleda koliko je ogromno samo pitanje o našem postojanju, kao i da predloži rešenje. Prednjačio je i po sposobnosti da pronikne u uzajamne zavisnosti biljaka i životinja i svih

drugih bića, u odnose čija zamršenost uzdrmava maštu. Kako to da postojimo, i ne samo da postojimo nego smo okruženi takvom složenošću, takvom elegancijom, takvim beskrajem najlepših i najčudesnijih oblika?

Odgovor je sledeći. Nije ni moglo biti drukčije, budući da uopšte primećujemo svoje postojanje i postavljamo pitanja o njemu. Nije slučajno, kao što nam ističu kosmolozi, da vidimo zvezde na nebu. Možda postoje kosmosi bez zvezda, kosmosi u kojima su fizički zakoni takvi da je distribucija vodonika ravnomerna i da se nije uspeo koncentrisati u zvezde. Ali takve kosmose niko ne primećuje, jer se entiteti sposobni da bilo šta zapažaju ne mogu razviti bez zvezda. Nije da život samo zahteva najmanje jednu zvezdu koja će pružati energiju. Zvezde su ujedno i peći u kojima se kuje većina hemijskih elemenata, a život nije moguć ni bez bogatstva hemikalija. Mogli bismo analizirati zakon po zakon i za sve bismo mogli reći isto: nije slučajno da vidimo...

Isto važi i za biologiju. Nije slučajno da vidimo zeleno gde god da pogledamo. Nismo se slučajno obreli na jednoj grančici u sredini procvalog i razgranatog stabla života. Nije slučajno da smo okruženi milionima drugih vrsta koje jedu, rastu, propadaju, plivaju, hodaju, lete, ukopavaju se, vrebaju, jure, beže, prestižu, nadmudruju. Bez zelenih biljaka koje su bar deset puta brojnije od nas, ne bi bilo energije koja bi nas održavala. Bez stalno promenljive trke u naoružanju između grabljivaca i plena, parazita i domaćina, bez Darvinovog „rata u prirodi”, bez „gladi i smrti”, ne bi bilo nervnog sistema sposobnog da išta vidi, a kamoli da razume i tumači. Okruženi smo beskrajnim oblicima, najlepšim i najčudesnijim a to nije slučajno već je direktna posledica evolucije kroz neslučajnu prirodnu selekciju - jedine igre u gradu i najveće predstave na Zemlji.

DODATAK

PORICATELJI ISTORIJE

GALLUP**,** najpoznatija američka organizacija za ispitivanje javnog mnjenja, od 1982. godine sprovodila je ankete, neredovno ali često, o mišljenju građana Amerike o sledećem pitanju:

Koja od ovih izjava je najpribližnija vašim stavovima o poreklu i razvoju ljudskih bića?

1 Ljudska bića su se razvijala milionima godina od manje naprednih živih organizama, ali Bog je upravljao tim procesom. (36%)

2 Ljudska bića su se razvijala milionima godina od manje naprednih živih organizama, ali Bog nije imao udela u tom procesu. (14%)

3 Bog je u stvorio ljudska bića u obliku vrlo sličnom sadašnjem u jednom mahu u poslednjih desetak hiljada godina. (44%)

Navedene procentualne vrednosti podaci su iz 2008. godine, ali brojke su približne i za godine 1982, 1993, 1997, 1999, 2001, 2004, 2006. i 2007.

Pripadam manjini (što me ne iznenađuje) od 14% ispitanika koji su odabrali predlog broj 2. Nažalost, čini se da je deo drugog predloga, „ali Bog nije imao udela u tom procesu“, namerno sročen tako da bez potrebe natera vernike da ga odbace. Glavni problem je žalosno jaka podrška predlogu broj 3. Četrdeset četiri posto Amerikanaca potpuno poriče evoluciju, bilo vođenu božjom rukom ili ne, a može se zaključiti kako veruju i u to da svet nije stariji od 10.000 godina. Već sam istakao da bi, s obzirom na to da je Zemlja stara

4,6 milijardi godina, takav stav bio ravan verovanju da je širina Severne Amerika manja od 10 metara. Podrška trećem predlogu nije pala ispod 40% nijednom u devet godina tokom kojih je obavljeno istraživanje. Čak je u dve godine dostizala 47%. Preko 40% Amerikanaca poriče da su ljudi evoluirali od drugih životinja i smatraju da je nas - samim tim i sve živo - stvorio Bog u poslednjih 10.000 godina. Zato je ova knjiga neophodna.

U fokusu Gallupovog pitanja bila su ljudska bića i opravdano je posumnjati da je to moglo da izazove emocije ispitanika i da im oteža slaganje s naučnim stanovištem. Godine 2008, istraživačka organizacija Pew Forum sprovela je sličnu anketu među Amerikancima u kojoj nisu konkretno pomenuta ljudska bića. Rezultati su bili potpuno u skladu s Gallupovim. Evo ponuđenih odgovora i podrške ispitanika u procentima:

Život na Zemlji je...
Postojao u ovakvom obliku od početka vremena 42%
Evoluirao kroz vreme: 48%
Evolucija u procesu prirodne selekcije 26%
Evolucija pod vođstvom vrhunskog bića 18%
Evolucija, ali ne znam kako se odvijala 4%
Ne znam 10%

U pitanjima organizacije Pew nisu se pominjali datumi, tako da ne znamo koliko od 42% ispitanika koji su nedvosmisleno odbacili evoluciju kao mogućnost, misli i da je svet mlađi od 10.000 godina kao što, pretpostavljam, smatra 44% Gallupovih ispitanika. Čini se verovatnim da bi se i tih 42% iz ankete organizacije Pew složilo s hiljadama godina umesto sa 4,6 milijardi godina koliko nauka smatra da je starost sveta. Verovati da život na Zemlji postoji u sadašnjem obliku 4,6 milijardi godina bez ikakve promene, jednako je apsurdno kao verovati da postoji ovakav kakav je danas tek par hiljada godina, a izvesno se nije razvio onako kako piše u Bibliji.

A šta je s Britanijom? Kakvi su stavovi Britanaca u poređenju sa Amerikancima? Godine 2006, autori BBC-jevog kvalitetnog naučnodokumentarnog serijala *Horizon* angažovali su, Ipsos MORI, organizaciju za istraživanje javnog mnjenja, da sprovede anketu među Britancima. Nažalost, ključno pitanje nije bilo dobro formulisano. Od ispitanika se tražilo da odaberu jednu od naredne tri „teorije ili objašnjenja o poreklu i razvoju života na Zemlji". Iza svake opcije naveo sam procenat

ispitanika koji su je odabrali.

(a) Prema „teoriji evolucije", ljudska vrsta razvijala su se milionima godina od manje naprednih životnih oblika. Bog nije imao udela u tome. (48%)

(b) Prema „kreacionističkoj teoriji", Bog je stvorio ljudsku vrstu u obliku vrlo sličnom današnjem u jednom mahu u poslednjih 10.000 godina. (22%)

(c) Prema „teoriji inteligentnog dizajna" određene karakteristike živih stvorenja najbolje se mogu objasniti intervencijom natprirodnog bića, odnosno Boga. (17%)

(d) Ne znam. (12%)

Nažalost, ovim opcijama možda nisu obuhvaćeni stavovi pojedinih ljudi. Nema opcije „(a) ...ali Bog je imao udela u tom procesu". S obzirom na taj deo izjave - „Bog nije imao udela u tom procesu" - ne iznenađuje što je podrška za opciju (a) tako niska - samo 48%. Međutim, podrška opciji (b) od 22% je zabrinjavajuće visoka, posebno ako se ima na umu smešna granica starosti ljudskog roda od 10.000 godina. A ako objedinimo podatke za opciju (b) i (c) da bismo saznali kolika je u procentima podrška nekom obliku kreacionizma, dobijamo vrednost od 39%. To još uvek nije tako velika podrška kao u Americi (preko 40%), posebno ako se u obzir uzme da se podatak za Ameriku odnosi na kreacioniste što podržavaju teoriju o mladoj Zemlji, a britanskih 39% verovatno obuhvata kreacioniste koji Zemlju smatraju starom i koji su izabrali odgovor pod (c).

Organizacija MORI je britanskim ispitanicima u ovoj anketi postavila i drugo pitanje, koje se ticalo obrazovanja. Ispitanici su odgovarali na pitanje da li bi pomenute tri teorije trebalo da se predaju na časovima biologije. Rezultati su uznemirujući: samo 69% uzorka je smatralo da bi evolucija trebalo da se predaje na časovima biologije - bilo s jednom od preostale dve teorije, kreacionističkom ili teorijom inteligentnog dizajna, ili bez njih.

Nešto ambicioznije istraživanje kojim je obuhvaćena Britanija, ali ne i Amerika, sprovedeno je u okviru programa Eurobarometer 2005. godine. Ispitivana su mišljenja i uverenja o naučnim teorijama u trideset dve evropske zemlje (uključujući Tursku, jedinu pravu islamsku zemlju koja teži da postane članica Evropske unije). U tabeli 1 prikazan je procentualni udeo

ispitanika u različitim zemljama koji su se složili da su se „današnja ljudska bića razvila od ranijih životinjskih vrsta”. Ovo je umerenija izjava od opcije (a) u anketi organizacije MORI, pošto ne odbacuje mogućnost da je Bog imao nekog udela u procesu evolucije. Zemlje sam poređao po procentu ispitanika koji zauzimaju taj stav, odnosno, koji su dali tačan odgovor, prema saznanjima savremene nauke. Dakle, 85% ispitanika na Islandu smatra isto što i naučnici: da su ljudi evoluirali od drugih vrsta. Takvo mišljenje deli samo 27% posto turske populacije. Turska je jedina zemlja iz tabele u kojoj, po svemu sudeći, većina smatra da je teorija evolucije pogrešna. Britanija je na petom mestu, jer 13% ispitanih Britanaca potpuno poriče evoluciju. Sjedinjene Države nisu bile obuhvaćene ovim evropskim istraživanjem, ali u poslednje vreme mnogo se publiciteta daje žalosnoj činjenici da je u ovoj stvari tek malo ispred Turske.

Čudniji su rezultati izloženi u tabeli 2 koja prikazuje odgovarajuće procentualne vrednosti za opciju „Najranija ljudska bića živela su kad i dinosaurusi”. I u ovom slučaju, zemlje sam poređao po procentu

TABELA 1: Odgovori na tezu da su se „današnja ljudska bića razvila od ranijih životinjskih vrsta"

Zemlja	Ukupno	Tačno (%)	Netačno (%)	Ne znam (%)
Island	500	85	7	8
Danska	1013	83	13	4
Švedska	1023	82	13	5
Francuska	1021	80	12	8
Britanija	1307	79	13	8
Belgija	1024	74	21	5
Norveška	976	74	18	8
Španija	1036	73	16	11
Nemačka	1507	69	23	8
Italija	1006	69	20	11
Luksemburg	518	68	23	10

Holandija	1005	68	23	9
Irska	1008	67	21	12
Mađarska	1000	67	21	12
Slovenija	1060	67	25	8
Finska	1006	66	27	7
Češka	1037	66	27	7
Portugalija	1009	64	21	15
Estonija	1000	64	19	17
Malta	500	63	25	13
Švajcarska	1000	62	28	10
Slovačka	1241	60	29	12
Poljska	999	59	27	14
Hrvatska	1000	58	28	15
Austrija	1034	57	28	15
Grčka	1000	55	32	14
Rumunija	1005	55	25	20
Bugarska	1008	50	21	29
Letonija	1034	49	27	24
Litvanija	1003	49	30	21
Kipar	504	46	36	18
Turska	1005	27	51	22

Izvor. Eurobarometer, 2005.

ispitanika koji su dali tačan odgovor - „netačno".[95] Turska je ponovo na dnu tabele, sa čak 42% ispitanika koji veruju da su najraniji ljudi živeli zajedno s dinosaurusima - samo 30% Turaka to spremno poriče, što je mnogo manje od 87% Šveđana s tim uverenjem. Nažalost, Britanija je u donjoj polovini, sa 28% ispitanika koji, izgleda, naučno i istorijsko znanje stiču od porodice Kremenko umesto iz nekog školskog izvora.

Kao predavač o biologiji, patetično tražim utehu u rezultatima istraživanja

programa Eurobarometer koje je otkrilo da veliki broj ljudi (19% u Britaniji) veruje kako Zemlja obiđe pun krug oko Sunca za mesec dana. Brojka prelazi 20% za Irsku, Austriju, Španiju i Dansku. Šta li, pitam se, misle da je godina? Zašto se godišnja doba tako pravilno smenjuju? Zar nisu čak *radoznali* da saznaju razloge za tako značajne karakteristike našeg sveta? Naravno, ove neverovatne brojke ne bi, zapravo, trebalo da budu utešne. Naglašavam reč „patetično". Mislio sam na to da je, po svemu sudeći, reč o opštem nepoznavanju prirodnih nauka - što je samo po sebi dovoljno loše, ali barem je bolje od potvrđene predrasude *prema* jednoj naučnoj grani - konkretno, prema nauci o evoluciji - kakva, izgleda, vlada u Turskoj (i, teško je odoleti pretpostavci, u većem delu islamskog sveta). Ta predrasuda je, neosporno, prisutna i u Sjedinjenim Američkim Državama, kako su pokazale ankete organizacija Gallup i Pew.

Oktobra 2008, šezdesetak američkih srednjoškolskih nastavnika sastalo se u Centru za obrazovanje iz prirodnih nauka pri Univerzitetu Emori u Atlanti. Neke od užasnih priča koje su ispričali zavređuju širu pažnju. Jedan nastavnik je ispričao kako su učenici „briznuli u plač" kada im je rečeno da će učiti o evoluciji. Drugi nastavnik priča o tome da su učenici povikali „Ne!" kad je na času počeo da predaje o evoluciji. Jedan nastavnik je pomenuo da su njegovi učenici zahtevali da im se objasni zašto moraju da uče o evoluciji kada je to „samo teorija".

TABELA 2: Odgovori na tezu da su „najranija ljudska bića živela kad i dinosaurusi"

Zemlja	Ukupno	Tačno (%)	Netačno (%)	Ne znam (%)
Švedska	1023	9	87	4
Nemačka	1507	11	80	9
Danska	1013	14	79	6
Švajcarska	1000	9	79	12
Norveška	976	13	79	7
Češka	1037	15	78	7
Luksemburg	518	15	77	9
Holandija	1005	14	75	10

Finska	1006	21	73	7
Island	500	12	72	16
Slovenija	1060	20	71	9
Belgija	1024	24	70	6
Francuska	1021	21	70	9
Austrija	1034	15	69	15
Mađarska	1000	18	69	13
Estonija	1000	20	66	14
Slovačka	1241	18	65	18
Britanija	1307	28	64	8
Hrvatska	1000	23	60	17
Litvanija	1003	23	58	19
Španija	1036	29	56	15
Irska	1008	27	56	17
Italija	1006	32	55	13
Portugalija	1009	27	53	21
Poljska	999	33	53	14
Letonija	1034	27	51	21
Grčka	1000	29	50	21
Malta	500	29	48	24
Bugarska	1008	17	45	39
Rumunija	1005	21	42	37
Kipar	504	32	40	28
Turska	1005	42	30	28

Izvor. Eurobarometer, 2005

Drugi nastavnik je izjavio da „crkve podstiču učenike da u školu dođu sa određenim pitanjima kojima ometaju moja predavanja". Kreacionistički muzej u Kentakiju velikodušno finansira institucija koja je sasvim posvećena poricanju istorije na ovom višem nivou. Deca mogu da jašu model osedlanog

dinosaurusa - to nije nimalo zabavno, jer šalje direktnu i nedvosmislenu poruku da su dinosaurusi živeli u bliskoj prošlosti zajedno s ljudima. Muzej vodi organizacija „Odgovori u postanju" koja je izuzeta od poreza. Poreski obveznici, u ovom slučaju američki, finansiraju nenaučne laži i pogrešno obrazovanje ogromnih razmera.

Ovakva iskustva su uobičajena širom Sjedinjenih Država, ali, mrsko mi je da priznam, sve su češća i u Britaniji. Februara 2006, *Guardian* je objavio da su „muslimanski studenti medicine u Londonu delili letke u kojima je pisalo da je Darvinova teorija pogrešna. Studenti evangelističke veroispovesti takođe sve glasnije osporavaju ideje o evoluciji." Iza muslimanskih letaka stoji Al-Nasr Trust, registrovana dobrotvorna organizacija oslobođena poreza.[96] Dakle, i britanski poreski obveznici finansiraju sistematsko širenje krupnih i ozbiljnih nenaučnih neistina u britanskim obrazovnim institucijama.

Godine 2006, časopis *Independent* objavio je reči profesora Stiva Džounsa sa Londonskog univerziteta:

> To je prava društvena promena. Godinama sam saosećao s mojim američkim kolegama koji su morali da očiste um svojih studenata od kreacionizma u prvih nekoliko predavanja iz biologije. S tim problemom nismo se suočavali u Britaniji, sve do sada. Muslimanski učenici mi govore kako imaju obavezu da veruju u kreacionizam jer je to deo njihovog islamskog identiteta, ali mnogo više me iznenađuju druga britanska deca koja kreacionizam smatraju uverljivom alternativom evoluciji. To je uznemirujuće. Pokazuje koliko je ideja kreacionizma zarazna.

Istraživanja, dakle, pokazuju da među Amerikancima ima najmanje 40% kreacionista - ekstremnih, od glave do pete antievolucijski nastrojenih kreacionista, čak ne onih koji veruju u „evoluciju, ali uz božju pomoć" (i njih je bilo podosta). Ta brojka za Britaniju, i za veći deo Evrope, nešto je manja, ali ne mnogo više ohrabrujuća. Razloga za zadovoljstvo još uvek nema.

BELEŠKE

PREDGOVOR

str. vii izneo sam nesvakidašnje gledište: *Sebični gen* (1976; izdanje iz 2006. povodom tridesetog rođendana knjige, Heliks) i *Prošireni fenotip* (revidirano izdanje iz 1999.).

str. vii U sledećim trima knjigama: *Slepi časovničar* (1986), *Reka iz raja* (1995) i *Uspon Planinom neverovatnosti* (1996).

str. vii U mojoj najobimnijoj knjizi: *Priče predaka* (2004).

POGLAVLJE 1: SAMO TEORIJA?

str. 4 Godine 2004, zajedno smo napisali članak za *Sunday Times*: „Education: questionable foundations", *Sunday Times*, 20. jun 2004.

str. 11 „Povremeno dobijem pismo od nekog": Sagan (1996).

str. 13 „Možda smo svi nastali pre pet minuta": Bertrand Russell, *Religion and Science* (Oxford: Oxford University Press, 1997), 70.

str. 14 Čuveni primer izneo je profesor Danijel Dž. Sajmons sa Univerziteta Ilinois: Simons i Chabris (1999).

str. 15 Samo je u Teksasu 35 osuđenika oslobođeno optužbe od kada je DNK dopušten na sudu: The Innocence Project, http://www.innocenceproject.org.

str. 15 Džordž V. Buš je, za šestogodišnjeg guvernerskog mandata, potpisivao nalog za izvršenje smrtne kazne prosečno na svake dve sedmice: ukupno 152; videti „Bush's lethal legacy: more executions", *Indepеndent,* 15. avgust, 2007.

str. 17 Darvin je u svojoj biografiji objasnio: Darwin (1887a), 83.

str. 17 kako Met Ridli pretpostavlja, to je bilo pod uticajem: Matt Ridley, „The natural order of things", *Spectator,* 7. januar, 2009.

POGLAVLJE 2: PSI, KRAVE I KUPUS

str. 30 „Dragi moj Volase": Marchant (1916), 169-170.

str. 31 fn. Postojana je ali lažna glasina: O tome da je Darvin navodno znao za Mendelova istraživanja, piše Sclater u svom radu (2003).

str. 33 o mešancima ili džukcima (kako je američki predsednik Obama u šali opisao sebe): „Puppies and economy fill winner's first day", *Guardian*, 8. novembar, 2008.

str. 34 Druge genetičke putanje proizvode minijaturne pasmine koje zadržavaju proporcije originala: Pred Lanting, „Pituitary dwartism in the German Shepherd dog", *Dog World,* decembar 1984, navedeno na Web lokaciji http://www.fredlanting.org/2008/07/pituitar y-dwarfism-in-thegerman-shepherd-dog-part-1/.

POGLAVLJE 3: STAZAMA UŽIVANJA DO MAKROEVOLUCIJE

str. 49 „Pažljivo sam merio sisaljke jedinke": Wallace (1871).

str. 56 „Sličnost između doripe (*Dorippe*) i ljutitog japanskog ratnika": Julian Huxley, „Evolution's copycats", *Life,* 30. jun 1952; isto kod Huxleyja (1957)„Lifes improbable likenesses".

str. 57 Čak sam pronašao i Web lokaciju gde možete glasati: Anketu o samurajskom raku naći ćete na Web lokaciji http://www.pollsb.com/polls/ view/13022/the-heike-crab-seems-to-have-a-samurai-face-on-its-backwhat-s-the-explanation.

str. 57 kako je to jedan autoritativni skeptik istakao: Martin (1993).

str. 63 „Dragi moj Darvine": Marchant (1916), 170.

str. 65 jer su agronomi iz Eksperimentalne stanice Ilinois počeli da obavljaju opite pre mnogo vremena: Dudley i Lambert (1992).

str. 66 sedamnaest generacija pacova, veštački izabranih da bi stekli otpornost na kvarenje zuba: Ridley (2004), 48.

str. 73 „željna da uspostavi kontakt s čovekom": Trut (1999), 163.

str. 75 Takozvana orhideja pauk: Evo nekih Web lokacija na kojima se obrađuje ta tema: http://www.arhomeandgarden.org/plantoftheweek/articles/orchid_red_ spider_8-29-08.htm, http://www.orchidflowerhq.com/ Brassiacare.php,

http://www.absoluteastronomy.com/topics/Brassia, http://en.wikipedia.org/wiki/Brassia.

str. 76 a vidi se i na snimku predavanja „Ultraljubičasti vrt": Dostupno na DVD-u *Growing Up in the Universe,* na lokaciji richard-dawkins.net.

str. 77 Svaka vrsta pravi karakteristični koktel supstanci prikupljenih s različitih izvora: Eltz et al. (2005).

str. 78 Manir čišćenja razmatrao sam na više mesta: Dawkins (2006), 186— 187 *(Sebični gen,* Heliks 2008, str. 196.).

POGLAVLJE 4: ČASOVNICI I SPORI HOD VREMENA

str. 90 fn. Popularna legenda: Legendu o tome da je Mendeljejev došao na ideju o periodnom sistemu u snu, pominje G. W. Baylor u „What do we really know about Mendeleevs dream of the periodic table? A note on dreams of scientific problem solving", *Dreaming* 11:2 (2001), 89-92.

str. 94 Srećna pogodnost je to što vulkanske stene prelaze u čvrsto stanje odjednom: Sofisticirano poboljšanje te metode, „izolirano datiranje", detaljno je opisao Chris Stassen na izvanrednoj Web lokaciji „Talk Origins": www.talkorigins.org/faqs/isochron-dating.html.

str. 97 Evo citata neposredno s nagrađivane kreacionističke Web lokacije: S Web lokacije http://homepage.ntlworld.com/malcolmbowden/creat.htm.

str. 102 Traku je podeljena u tri dela: Datiranje Torinskog pokrova, Damon et al**. (1989).**

str. 103 A nisam čak ni pomenuo druge, različite metode datiranja: Potpunu listu metoda vidite na http://www.usd.edu/esci/age/current_scientific_ clocks.html#.

POGLAVLJE 5: TU, PRED NAŠIM OČIMA

str. 108 Grafik pokazuje podatke iz odseka za divljač Ugande: Brooks i Buss (1962).

str. 109 Istraživači su te godine započeli jedan eksperiment: preneli su pet parova guštera *Podarcis sicula* sa ostrva Pod Kopište: Istraživanje guštera s Pod Mrčaru u Herrel et al. (2008) i Herrel et al. (2004).

str. 112 uspeli su da to urade s bakterijom *Escherichia coli:*

Istraživanje *E. coli* Lenskog i Travisana (1994). Uz to, publikacije Lenskog i njegovog tima prikupljene su na Web lokaciji http://myxo.css.msu.edu/cgi-bin/lenski/ prefman.pl?group=aad.

str. 126 čuveni naučni bloger PZ Majers: http://scienceblogs.com/pharyngula/2008/06/lenski_gives_conservapdia_a_le.php

str. 128 Eksperimenti koje je Džon Endler predstavio: Endlerovo istraživanje gupika (1980, 1983, 1986).

str. 133 Jedan od onih koji su to učinili je Dejvid Reznik s Kalifornijskog univerziteta u Riversajdu: Reznick et al. (1997).

str. 135 pojedini zoolozi osporavaju tvrdnju da je *Lingula* gotovo sasvim neizmenjen živi fosil: e.g. Christian C. Emig„Proof that *Lingula* (Brachiopoda) is not a living-fossil, and emended diagnoses of the Family Lingulidae", *Carnets de Geologie,* pismo 2003/01 (2003).

POGLAVLJE 6: KARIKA KOJA NEDOSTAJE? KAKO TO MISLITE-NEDOSTAJE?

str. 137 Kako to mislite - „nedostaje"?: www.talkorigins.org/faqs/faq-transitional/part2c.html#arti, http://web.archive.org/web/19990203140657/gly. fsu.edu/tour/article_7.html.

str. 141 „već u poodmaklom stadijumu evolucije": Dawkins (1986), 229.

str. 145 „Ako su ljudi nastali od majmuna preko žaba i riba, zašto u fosilnom zapisu nema žabomajmuna?": „Darwins evolutionary theory is a tottering nonsense, built on too many suppositions", *Sydney Morning Herald,* 7. maj, 2006.

str. 145 dugoj listi komentara na članak u londonskom *Sunday Timesu:* http://www.timesonline.co.uk/tol/news/uk/education/article4448420. ece.

str. 146 Evo jednog, *Eomaiae:* Ji et al. (2002).

str. 147 *Atlas stvaranja:* Neverovatno, ali već su objavljena tri toma i najstrašnije je proćerdan skup, sjajan papir.

str. 148 mamac za ribe kao tularaša: To je očito na http://www.grahamowengallery.com/fishing/more-fly-tying.html.

str. 156 „Otišli smo pravo u muzej": Smith (1956), 41.

str. 161 *Tiktaalik*! To Ime se nikada neće zaboraviti: http://www90.homepage.villanova.edu/lowell.gustafson/anthropology/tik

str. 164 fosil *Pezosirene,* „hodajuće morske krave”: Domning (2001).

str. 165 objavio je uzbudljivu vest: Natalia Rybczynski, Mary Dawson i Richard Tedford, „A semi-aquatic Arctic mammalian carnivore from the Miocene epoch and origin of Pinnipedia“, *Nature* 458 (2009), str. 1021 — 1024. Pogledajte i kratak film u kome Natalia Rybczynski oduševljeno priča o novom fosilu - http://nature.ca/pujila/ne_vid_e.cfm.

str. 174 *Odontochelys semitestacea:* Li et al. (2008).

str. 175 Komentar iz odeljka „News and Views“ na rad o *Odontochelysu:* Reisz i Head (2008).

str. 169 *Proganochelys:* Joyce i Gauthier (2004).

str. 171 U jednoj knjizi DNK sam opisao kao „genetsku knjigu mrtvih”: Dokins (1998), poglavlje 10.

POGLAVLJE 7: NESTALE OSOBE? NAĐENE!

str. 176 „*Pithecanthropus* [Javanski čovek] nije bio čovek”: Dubois (1935), takođe je citiran na Web lokaciji http://www.talkorigins.org/pdf/fossilhominids.pdf.

str. 177 Međutim, kreacionistička organizacija „Odgovori u postanju” (Answers in Genesis) dodala je to svom spisku obezvređenih argumenata: http://www.answersingenesis.org/home/area/faq/dont_use.asp.

str. 178 Gruzijski čovek: http://www.talkorigins.org/faqs/homs/d2700.html**.**

str. 178 Nismo potomci šimpanza: http://www.talkorigins.org/faqs/homs/ chimp.html.

str. 181 Etalon vrste je prva imenovana jedinka nove vrste: Korisnu listu primeraka hominida naći ćete na lokaciji http://www.talkorigins.org/faqs/ homs/typespec.html.

str. 182 fn. Verovatno jedan od najvažnijih Darvinovih naslednika u 20. veku: Videti Hamiltonove sabrane radove pomešane s njegovim idiosinkratskim sećanjima: Hamilton (1996, 2001). U drugom tomu je i moje posmrtno slovo za Hamiltona.

str. 185 raznovrsnim imenima: http://www.mos.org/evolution/fossils/ browse. php.

str. 189 „pilula za jutro posle najbolji prijatelj pedofila”:

„Morning-after pili blocked by politics", *Atlanta Journal-Constitution,* 24. jun, 2004.

POGLAVLJE 8: SAMI STE TO URADILI ZA DEVET MESECI

str. 202 fn. „Sve stvari glupe i ružne": stihovi su navedeni uz dozvolu kompanije Python (Monty) Pictures. Hvala Terryju Jonesu i Ericu Idleu.

str. 207-208 Na Web lokaciji YouTube ima izvanrednih filmova: Na primer, http://www.youtube.com/watch?v=XH-groCeKbE.

str. 209 Držeći se ovog principa, Kreg Rejnolds je 1986. godine napisao program (ne isključivo za čvorke) koji je nazvao „Boids": http://www. red3d.com/cwr/boids/.

str. 217 a grupa naučnika s kalifornijskog univerziteta u Berkliju, na čelu su izvrsnim matematičarem biologom Džordžom Osterom, otkrila je način na koji se odvija: Odell et al. (1980).

str. 221 Rani, klasični eksperiment koji je izveo embriolog Rodžer Speri, nobelovac: Meyer (1998).

str. 231 čitavo porodično stablo od 558 ćelija larve valjkastog crva *C. elegansa* koja se tek izlegla: Porodično stablo ćelije *C. elegans* preuzeto s http://www.wormatlas.org/userguides.html/lineage.htm. Lokacija wormatlas.org prava je riznica informacija o ovim sićušnim stvorenjima. Takođe, svim srcem preporučujem tri govora laureata Nobelove nagrade posvećena *C. elegansu* - Sydneyja Brennera, H. Roberta Horvitza i Johna Sulstona - Brenner (2003), Horvitz (2003), Sulston (2003) - koje možete pročitati na Web lokaciji http://nobelprize.org/nobel_ prizes/medicine/laureates/2002/index.html.

POGLAVLJE 9: NOJEVA BARKA KONTINENATA

str. 241 Postoje sićušni valjkasti crvi: http://www.bayercropscience.co.uk/pdfs/ nematodesguide.pdf.

str. 245 dr Elen Censki, koja ju je od početka proučavala: Censky et al. (1998).

str. 248 „Kad vidimo taj postepeni prelaz i razliku u građi": Darwin (1845), 380.

str. 249 „Oblik mu je veoma ružan": Darwin (1845), 385-386.

str. 250 „Tako dolazimo do zaista izvanredne činjenice": Darwin

(1845), 396.

str. 250 „Prvi put sam na to obratio pažnju”: Darwin (1845), 394-395.

str. 250-251 „da su kornjače s raznih ostrva različite”: Darwin (1845), 394.

str. 255 „Gotovo svaka stena koja izviruje na površinu i svako ostrvo imaju jedinstvenu faunu mbuna”: Owen et al. (1989).

str. 258-259 „Što se tiče odsustva čitavih redova životinja na okeanskim ostrvima”: Darwin (1859), 393.

str. 259 „prirodnjaku, kad putuje”: Darwin (1859), 349.

str. 269 Kako se oni odnose prema teoriji tektonike ploča? Zaista vrlo čudno: Neki su bar zbunjeni. Drugi su možda nepošteni. Tvrdnju o mladoj Zemlji na http://www.answersingenesis.org/articles/am/v2/n2/a-catastrophic breakup, detaljno je opovrgao kreacionista zagovornik teorije o staroj Zemlji na http://www.answersincreation.org/rebuttal/aig/Answers/2007/answers_v2_n2_tectonics.htm.

str. 270 najznačajnije novije knjige o specijaciji: Coyne i Orr (2004).

POGLAVLJE 10: STABLO SRODSTVA

str. 301 koristili su upravo taj postupak sa zečevima: Sarich i Wilson (1967).

str. 306 Grupa genetičara s Novog Zelanda na čelu s profesorom Dejvidom Penijem, prva je sprovela obimno proučavanje u toj oblasti: Penny et al. (1982).

str. 313 Vredi preuzeti Hilisovo stablo s Web lokacije: www.zo.utexas.edu/ faculty/antisense/DownloadfilesToL.html.

str. 319 Jan Vong i ja opširno pisali o komplikacijama u „Epilogu priče o baršunastom crvu”: Dawkins (2004).

POPLAVI JE 11 ISTORIJA ISPISANA SVUD PO NAMA

str. 324 „Gospodin Suton, promućurni čuvar zoološkog vrta”: Darwin (1872), 95, 96, 97.

str. 325 Godine 1845, u prepisci s članovima Kraljevskog društva: Sibson (1848).

str. 330 Dž. V. S. Pringl... najviše se bavio funkcionisanjem mlatilica kod insekata: Pringle (1948).

str. 336 „Kad bi prodavac pokušao da mi naturi instrument sa svim tim manama” Helmholtz (1881), 194.

str. 338 „U oku su se stekle sve mane koje se mogu naći u jednom optičkom instrumentu”: Helmholtz (1881), 201.

str. 344-345 „I pored toga što ima vrlo razvijen grkljan i druželjubiva je, žirafa je u stanju samo da zastenje ili zableji”: Harrison (1980).

str. 352 „Ne mogu ubediti sebe”: Darwin (1887b).

str. 352 fn. Ne treba ga pobrkati s drugim Australijancem: M. Denton, *Nature's Destiny* (New York: Free Press, 2002).

str. 353 „pačvork spojenih zamena”: C. S. Pittendrigh, „Adaptation, natural selection, and behavior”, u A. Roe and G. G. Simpson, eds, *Behavior and Evolution* (New Haven: Yale University Press, 1958).

POGLAVLJE 12: TRKE U NAORUŽANJU I EVOLUCIONA TEODICEJA

str. 362 Pet najbržih trkača među sisarima: Lista s Web lokacije http://www. petsdo.com/blog/top-twenty-20-fastest-land-animals-includinghumans.

str. 363 Moj kolega Džon Krebs i ja objavili smo 1979: Dawkins i Krebs (1979).

str. 364 „Pre nego što zaključimo da li je varljiva spoljašnjost”: Cott (1940), 158-159.

str. 365 I, mada to može biti neočekivano, postoje i ravnopravne trke u naoružanju između mužjaka i ženki unutar vrste, kao i između roditelja i njihovih mladunaca: Videti Dawkins (2006), poglavlje 8 („Borba generacija) i poglavlje 9 („Borba polova”).

str. 372 „Kakvu bi knjigu đavolov kapelan mogao da napiše”: Darwin (1903).

str. 372 „Priroda nije ni dobra ni loša”: Dawkins (1995), poglavlje 4, „Gods utility function”.

str. 375 Zanimljivo je da postoje pojedinci s poremećajem osetljivosti na bol: Primere pogledajte na Web lokacijama http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/4195437.stm,http://www.msnbc.msn.co

str. 376 Stiven Džej Guld je razmatrao takva pitanja u jednom lepom eseju, „Nemoralna priroda”: Gould (1983).

POGLAVLJE 13: IMA VELIČANSTVENOSTI U OVOME POGLEDU NA ŽIVOT

str. 381 „Usled rata u prirodi, usled gladi i smrti": Darwin (1859), 490.

str. 382 „to može ne biti logičan zaključak": Darwin (1859), 243.

str. 383 „Sve **Što možemo činiti":** Darwin (1859),78.

str. 386 „Dugo sam žalio": Darwin (1887c).

str. 391 načine da se, kako to piše u jednom radu, zamrznuti slučaj „odmrzne": Söli i RajBhandary (2006).

str. 391 Fizičar Pol Dejvis izneo je logičnu tezu: Davies i Lineweaver (2005).

str. 393 ali je odlična tema za spekulisanje kako bi život bio drugačiji da nema Meseca koji se okreče oko Zemlje: Comins (1993).

str. 398 „O istoj temi moj je otac 1871. godine napisao": Darwin (1887c).

str. 404 Godine 1989, napisao sam rad „Evolucija evolutivnosti": Dawkins (1989).

str. 406 Nije slučajno, kao što nam ističu kosmolozi, da vidimo zvezde na nebu: Videti, na primer, kod Smolina (1997).

DODATAK: PORICATELJI ISTORIJE

str. 411 od 1982. godine sprovodila je ankete, neredovno ali često: Brojke organizacije Gallup preuzete iz istraživanja „Evolution, creationism, intelligent design", http://www.gallup.com/poll/21814/Evolution-Creationism-Intelligent-Design.aspx.

str. 412 Godine 2008, istraživačka organizacija Pew Forum sprovela je sličnu anketu: Brojke organizacije Pew preuzete iz istraživanja „Public divided on origins of life", od 17. jula 2005, http://pewforum.org/surveys/ origins/.

str. 413 A šta je s Britanijom? Kakvi su stavovi Britanaca u poređenju sa Amerikancima? Brojke organizacije Ipsos MORI preuzete iz istraživanja „BBC survey on the origins of life", sprovedenog između 5. i 10. januara. 2006, http://www.ipsos-mori.com/content/bbc-survey-on-theorigins-of-life.ashx.

str. 414 Nešto ambicioznije istraživanje: Brojke za program

Eurobarometer preuzete iz ankete „Europeans, science and technology“, sprovedene u januaru i februaru 2005, http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_224_report_en.pdf.

str. 414 mnogo se publiciteta daje žalosnoj činjenici da je u ovoj stvari tek malo ispred Turske: Miller et al. (2006).

str. 416 Neke od užasnih priča koje su ispričali zavređuju širu pažnju: „Emory workshop teaches teachers how to teach evolution”, *Atlanta Journal-Constitution*, 24. oktobar, 2008.

str. 418 „muslimanski studenti medicine u Londonu delili letke u kojima je pisalo da je **Darvinova teorija pogrešna”:** „Academics fight rise of creationism at universities”, *Guardian,* 21. februar 2006.

str. 418 „To je prava društvena promena”: „Creationism debate moves to Britain”, *Independent,* 18. maj, 2006.

BIBLIOGRAFIJA I PREPORUKA ZA DALJE ČITANJE

Adams, D. and Carwardine, M. 1991. Last Chance to See. London: Pan.

Atkins, P. W. 1984. The Second Law. New York: Scientific American.

Atkins, P. W. 1995. The Periodic Kingdom. London: Weidenfeld & Nicolson.

Atkins, P. W. 2001. The Elements of Physical Chemistry: With Applications in Biology. New York: W. H. Freeman.

Atkins, P. W. and Jones, L. 1997. Chemistry: Molecules, Matter and Change, 3rd rev. edn. New York: W. H. Freeman.

Ayala, F. J. 2006. Darwin and Intelligent Design. Minneapolis: Fortress.

Barash, D. P. and Barash, N. R. 2005. Madame Bovary's Ovaries: A Darwinian Look at Literature. New York: Delacorte.

Barlow, G. W. 2002. The Cichlid Fishes: Nature's Grand Experiment in Evolution, 1st pb edn. Cambridge, Mass.: Basic Books.

Berry, R. J. and Hallam, A. 1986. The Collins Encyclopedia of Animal Evolution. London: Collins.

Bodmer, W. and McKie, R. 1994. The Book of Man: The Quest to Discover Our Genetic Heritage. London: Little, Brown.

Brenner, S. 2003. 'Nature's gift to science', in T. Frängsmyr, ed., Les Prix Nobel, The Nobel Prizes 2002: Nobel Prizes, Presentations, Biographies and Lectures, 274–82. Stockholm: The Nobel Foundation.

Brooks, A. C. and Buss, I. O. 1962. 'Trend in tusk size of the Uganda elephant', Mammalia, 26, 10–34.

Browne, J. 1996. Charles Darwin, vol. 1:Voyaging . London: Pimlico.

Browne, J. 2003. Charles Darwin, vol. 2:The Power of Place . London: Pimlico.

Cain, A. J. 1954. Animal Species and their Evolution. London: Hutchinson.

Cairns-Smith, A. G. 1985. Seven Clues to the Origin of Life: A Scientific Detective Story. Cambridge: Cambridge University Press.

Carroll, S. B. 2006. The Making of the Fittest: DNA and the Ultimate Forensic

Record of Evolution. New York: W. W. Norton.

Censky, E. J., Hodge, K. and Dudley, J. 1998. 'Over-water dispersal of lizards due to hurricanes', Nature, 395, 556.

Charlesworth, B. and Charlesworth, D. 2003. Evolution: A Very Short Introduction. Oxford: Oxford University Press.

Clack, J. A. 2002. Gaining Ground: The Origin and Evolution of Tetrapods. Bloomington: Indiana University Press.

Comins, N. F. 1993. What If the Moon Didn't Exist? Voyages to Earths that Might Have Been. New York: HarperCollins.

Conway Morris, S. 2003. Life's Solution: Inevitable Humans in a Lonely Universe. Cambridge: Cambridge University Press.

Coppinger, R. and Coppinger, L. 2001. Dogs: A Startling New Understanding of Canine Origin, Behaviour and Evolution. New York: Scribner.

Cott, H. B. 1940. Adaptive Coloration in Animals. London: Methuen.

Coyne, J. A. 2009. Why Evolution is True. Oxford: Oxford University Press.

Coyne, J. A. and Orr, H. A. 2004. Speciation. Sunderland, MA: Sinauer.

Crick, F. H. C. 1981. Life Itself: Its Origin and Nature. London: Macdonald.

Cronin, H. 1991. The Ant and the Peacock: Altruism and Sexual Selection from Darwin to Today. Cambridge: Cambridge University Press.

Damon, P. E.; Donahue, D. J.; Gore, B. H.; Hatheway, A. L.; Jull, A. J. T.; Linick, T. W.; Sercel, P. J.; Toolin, L. J.; Bronk, R.; Hall, E. T.; Hedges, R. E. M.; Housley, R.; Law, I. A.; Perry, C.; Bonani, G.; Trumbore, S.; Woelfli, W.; Ambers, J. C.; Bowman, S. G. E.; Leese, M. N.; and Tite, M. S. 1989. 'Radiocarbon dating of the Shroud of Turin', Nature, 337, 611–15.

Darwin, C. 1845. Journal of researches into the natural history and geology of the countries visited during the voyage of H.M.S. Beagle round the world, under the Command of Capt. Fitz Roy, R.N., 2nd edn. London: John Murray.

Darwin, C. 1859. On the Origin of Species by Means of Natural Selection, 1st edn. London: John Murray.

Darwin, C. 1868. The Variation of Animals and Plants under Domestication, 2 vols. London: John Murray.

Darwin, C. 1871. The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex, 2 vols. London: John Murray.

Darwin, C. 1872. The Expression of the Emotions in Man and Animals. London: John Murray.

Darwin, C. 1882. The Various Contrivances by which Orchids are Fertilised by Insects. London: John Murray.

Darwin, C. 1887a. The Life and Letters of Charles Darwin, vol. 1. London: John Murray.

Darwin, C. 1887b. The Life and Letters of Charles Darwin, vol. 2. London: John Murray.

Darwin, C. 1887c. The Life and Letters of Charles Darwin, vol. 3. London: John Murray.

Darwin, C. 1903. More Letters of Charles Darwin: A Record of his Work in a Series of Hitherto Unpublished Letters, 2 vols. London: John Murray.

Darwin, C. and Wallace, A. R. 1859. 'On the tendency of species to form varieties; and on the perpetuation of varieties and species by natural means of selection', Journal of the Proceedings of the Linnaean Society (Zoology), 3, 45–62.

Davies, N. B. 2000. Cuckoos, Cowbirds and Other Cheats. London: T. & A. D. Poyser.

Davies, P. C. W. 1998. The Fifth Miracle: The Search for the Origin of Life. London: Allen Lane, The Penguin Press.

Davies, P. C. W. and Lineweaver, C. H. 2005. 'Finding a second sample of life on earth', Astrobiology, 5, 154–63.

Dawkins, R. 1986. The Blind Watchmaker. London: Longman.

Dawkins, R. 1989. 'The evolution of evolvability', in C. E. Langton, ed., Artificial Life, 201–20. Reading, Mass.: Addison-Wesley.

Dawkins, R. 1995. River Out of Eden. London: Weidenfeld & Nicolson.

Dawkins, R. 1996. Climbing Mount Improbable. London: Viking.

Dawkins, R. 1998. Unweaving the Rainbow. London: Penguin.

Dawkins, R. 1999. The Extended Phenotype, rev. edn. Oxford: Oxford University Press.

Dawkins, R. 2004. The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Life. London: Weidenfeld & Nicolson.

Dawkins, R. 2006. The Selfish Gene, 30th anniversary edn. Oxford: Oxford University Press. (First publ. 1976.)

Dawkins, R. and Krebs, J. R. 1979. 'Arms races between and within species', Proceedings of the Royal Society of London, Series B, 205, 489–511.

de Panafieu, J.-B. and Gries, P. 2007. Evolution in Action: Natural History through Spectacular Skeletons. London: Thames & Hudson.

Dennett, D. 1995. Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life. London: Allen Lane.

Desmond, A. and Moore, J. 1991. Darwin: The Life of a Tormented Evolutionist. London: Michael Joseph.

Diamond, J. 1991. The Rise and Fall of the Third Chimpanzee: Evolution and Human Life. London: Radius.

Domning, D. P. 2001. 'The earliest known fully quadrupedal sirenian', Nature, 413, 625–7.

Dubois, E. 1935. 'On the gibbon-like appearance of Pithecanthropus erectus', Proceedings of the Section of Sciences of the Koninklijke Akademie van Wetenschappen, 38, 578–85.

Dudley, J. W. and Lambert, R. J. 1992. 'Ninety generations of selection for oil and protein in maize', Maydica, 37, 81–7.

Eltz, T.; Roubik, D. W.; and Lunau, K. 2005. 'Experience-dependent choices ensure species-specific fragrance accumulation in male orchid bees', Behavioral Ecology and Sociobiology, 59, 149–56.

Endler, J. A. 1980. ‘Natural selection on color patterns in Poecilia reticulata’, Evolution, 34, 76–91.

Endler, J. A. 1983. ‘Natural and sexual selection on color patterns in poeciliid fishes’, Environmental Biology of Fishes, 9, 173–90.

Endler, J. A. 1986. Natural Selection in the Wild. Princeton: Princeton University Press.

Fisher, R. A. 1999. The Genetical Theory of Natural Selection: A Complete Variorum Edition. Oxford: Oxford University Press.

Fortey, R. 1997. Life: An Unauthorised Biography. A Natural History of the First Four Thousand Million Years of Life on Earth. London: HarperCollins.

Fortey, R. 2000. Trilobite: Eyewitness to Evolution. London: HarperCollins. The Greatest Show on Earth 450

Futuyma, D. J. 1998. Evolutionary Biology, 3rd edn. Sunderland, Mass.: Sinauer.

Gillespie, N. C. 1979. Charles Darwin and the Problem of Creation. Chicago: University of Chicago Press.

Goldschmidt, T. 1996. Darwin’s Dreampond: Drama in Lake Victoria. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Gould, S. J. 1977. Ontogeny and Phylogeny. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Gould, S. J. 1978. Ever since Darwin: Reflections in Natural History. London: Burnett Books / Andre Deutsch.

Gould, S. J. 1983. Hen’s Teeth and Horse’s Toes. New York: W. W. Norton. Grafen, A. 1989. Evolution and its Influence. Oxford: Clarendon Press. Gribbin, J. and Cherfas, J. 2001. The First Chimpanzee: In Search of Human Origins. London: Penguin.

Haeckel, E. 1974. Art Forms in Nature. New York: Dover.

Haldane, J. B. S. 1985. On Being the Right Size and Other Essays. Oxford: Oxford University Press.

Hallam, A. and Wignall, P. B. 1997. Mass Extinctions and their Aftermath. Oxford: Oxford University Press.

Hamilton, W. D. 1996. Narrow Roads of Gene Land, vol. 1: Evolution of Social Behaviour. Oxford: W. H. Freeman / Spektrum.

Hamilton, W. D. 2001. Narrow Roads of Gene Land, vol. 2:Evolution of Sex . Oxford: Oxford University Press.

Harrison, D. F. N. 1980. ‘Biomechanics of the giraffe larynx and trachea’, Acta Oto-Laryngology and Otology, 89, 258–64.

Harrison, D. F. N. 1981. ‘Fibre size frequency in the recurrent laryngeal nerves of man and giraffe’, Acta Oto-Laryngology and Otology, 91, 383–9.

Helmholtz, H. von. 1881. Popular Lectures on Scientific Subjects, 2nd edn, trans. E. Atkinson. London: Longmans.

Herrel, A.; Huyghe, K.; Vanhooydonck, B.; Backeljau, T.; Breugelmans, K.; Grbac, I.; Van Damme, R.; and Irschick, D. J. 2008. ‘Rapid large-scale evolutionary

divergence in morphology and performance associated with exploitation of a different dietary resource', Proceedings of the National Academy of Sciences, 105, 4792–5.

Herrel, A.; Vanhooydonck, B.; and Van Damme, R. 2004. 'Omnivory in lacertid lizards: adaptive evolution or constraint?' Journal of Evolutionary Biology, 17, 974–84.

Horvitz, H. R. 2003. 'Worms, life and death', in T. Frängsmyr, ed., Les Prix Nobel, The Nobel Prizes 2002: Nobel Prizes, Presentations, Biographies and Lectures, 320–51. Stockholm: The Nobel Foundation.

Huxley, J. 1942. Evolution: The Modern Synthesis. London: Allen & Unwin.

Huxley, J. 1957. New Bottles for New Wine: Essays. London: Chatto & Windus.

Ji, Q.; Luo, Z.-X.; Yuan, C.-X.; Wible, J. R.; Zhang, J.-P.; and Georgi, J. A. 2002. 'The earliest known eutherian mammal', Nature, 416, 816–22.

Johanson, D. and Edgar, B. 1996. From Lucy to Language. New York: Simon & Schuster.

Johanson, D. C. and Edey, M. A. 1981. Lucy: The Beginnings of Humankind. London: Granada.

Jones, S. 1993. The Language of the Genes: Biology, History and the Evolutionary Future. London: HarperCollins.

Jones, S. 1999. Almost Like a Whale: The Origin of Species Updated. London: Doubleday.

Joyce, W. G. and Gauthier, J. A. 2004. 'Palaeoecology of Triassic stem turtles sheds new light on turtle origins', Proceedings of the Royal Society of London, Series B, 271, 1–5.

Keynes, R. 2001. Annie's Box: Charles Darwin, his Daughter and Human Evolution. London: Fourth Estate.

Kimura, M. 1983. The Neutral Theory of Molecular Evolution. Cambridge: Cambridge University Press.

Kingdon, J. 1990. Island Africa. London: Collins.

Kingdon, J. 1993. Self-Made Man and his Undoing. London: Simon & Schuster.

Kingdon, J. 2003. Lowly Origin: Where, When, and Why our Ancestors First Stood Up. Princeton and Oxford: Princeton University Press.

Kitcher, P. 1983. Abusing Science: The Case Against Creationism. Milton Keynes: Open University Press.

Leakey, R. 1994. The Origin of Humankind. London: Weidenfeld & Nicolson.

Leakey, R. and Lewin, R. 1992. Origins Reconsidered: In Search of What Makes Us Human. London: Little, Brown.

Leakey, R. and Lewin, R. 1996. The Sixth Extinction: Biodiversity and its Survival. London: Weidenfeld & Nicolson.

Lenski, R. E. and Travisano, M. 1994. 'Dynamics of adaptation and diversification: a 10,000-generation experiment with bacterial populations', Proceedings of the National Academy of Sciences, 91, 6808–14.

Li, C.; Wu, X.-C.; Rieppel, O.; Wang, L.-T.; and Zhao, L.-J. 2008. 'An ancestral

turtle from the Late Triassic of southwestern China', Nature, 456, 497– 501.

Lorenz, K. 2002. Man Meets Dog, 2nd edn. London: Routledge.

Malthus, T. R. 2007. An Essay on the Principle of Population. New York: Dover. (First publ. 1798.)

Marchant, J. 1916. Alfred Russel Wallace: Letters and Reminiscences, vol. 1. London: Cassell.

Martin, J. W. 1993. 'The samurai crab', Terra, 31, 30–4.

Maynard Smith, J. 2008. The Theory of Evolution, 3rd edn. Cambridge: Cambridge University Press.

Mayr, E. 1963. Animal Species and Evolution. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Mayr, E. 1982. The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Medawar, P. B. 1982. Pluto's Republic. Oxford: Oxford University Press.

Meyer, R. L. 1998. 'Roger Sperry and his chemoaffinity hypothesis', Neuropsychologia, 36, 957–80.

Miller, J. D.; Scott, E. C.; and Okamoto, S. 2006. 'Public acceptance of evolution', Science, 313, 765–6.

Miller, K. R. 1999. Finding Darwin's God: A Scientist's Search for Common Ground between God and Evolution. New York: Cliff Street Books.

Miller, K. R. 2008. Only a Theory: Evolution and the Battle for America's Soul. New York: Viking.

Monod, J. 1972. Chance and Necessity: An Essay on the Natural Philosophy of Modern Biology. London: Collins.

Morris, D. 2008. Dogs: The Ultimate Dictionary of Over 1,000 Dog Breeds. London: Trafalgar Square.

Morton, O. 2007. Eating the Sun: How Plants Power the Planet. London: Fourth Estate.

Nesse, R. M. and Williams, G. C. 1994. The Science of Darwinian Medicine. London: Orion.

Odell, G. M.; Oster, G.; Burnside, B.; and Alberch, P. 1980. 'A mechanical model for epithelial morphogenesis', Journal of Mathematical Biology, 9, 291–5.

Owen, D. F. 1980. Camouflage and Mimicry. Oxford: Oxford University Press.

Owen, R. 1841. 'Notes on the anatomy of the Nubian giraffe (Camelopardalis)', Transactions of the Zoological Society of London, 2, 217–48.

Owen, R. 1849. 'Notes on the birth of the giraffe at the Zoological Society's gardens, and description of the foetal membranes and some of the natural and morbid appearances observed in the dissection of the young animal', Transactions of the Zoological Society of London, 3, 21–8.

Owen, R. B.; Crossley, R.; Johnson, T. C.; Tweddle, D.; Kornfield, I.; Davison, S.; Eccles, D. H.; and Engstrom, D. E. 1989. 'Major low levels of Lake Malawi and their implications for speciation rates in cichlid fishes', Proceedings of the Royal Society of London, Series B, 240, 519–53.

Oxford English Dictionary, 2nd edn, 1989. Oxford: Oxford University Press.

Pagel, M. 2002. Encyclopedia of Evolution, 2 vols. Oxford: Oxford University Press.

Penny, D.; Foulds, L. R.; and Hendy, M. D. 1982. 'Testing the theory of evolution by comparing phylogenetic trees constructed from five different protein sequences', Nature, 297, 197–200.

Pringle, J. W. S. 1948. 'The gyroscopic mechanism of the halteres of Diptera', Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B,Biological Sciences , 223, 347–84.

Prothero, D. R. 2007. Evolution: What the Fossils Say and Why It Matters. New York: Columbia University Press.

Quammen, D. 1996. The Song of the Dodo: Island Biogeography in an Age of Extinctions. London: Hutchinson.

Reisz, R. R. and Head, J. J. 2008. 'Palaeontology: turtle origins out to sea', Nature, 456, 450–1.

Reznick, D. N.; Shaw, F. H.; Rodd, H.; and Shaw, R. G. 1997. 'Evaluation of the rate of evolution in natural populations of guppies (Poecilia reticulata)', Science, 275, 1934–7.

Ridley, Mark 1994. A Darwin Selection, 2nd rev. edn. London: Fontana. Ridley, Mark 2000. Mendel's Demon: Gene Justice and the Complexity of Life. London: Weidenfeld & Nicolson.

Ridley, Mark 2004. Evolution, 3rd edn. Oxford: Blackwell.

Ridley, Matt 1993. The Red Queen: Sex and the Evolution of Human Nature. London: Viking.

Ridley, Matt 1999. Genome: The Autobiography of a Species in 23 Chapters. London: Fourth Estate.

Ruse, M. 1982. Darwinism Defended: A Guide to the Evolution Controversies. Reading, Mass.: Addison-Wesley.

Sagan, C. 1981. Cosmos. London: Macdonald.

Sagan, C. 1996. The Demon-Haunted World: Science as a Candle in the Dark. London: Headline.

Sarich, V. M. and Wilson, A. C. 1967. 'Immunological time scale for hominid evolution', Science, 158, 1200–3.

Schopf, J. W. 1999. Cradle of Life: The Discovery of Earth's Earliest Fossils. Princeton: Princeton University Press.

Schuenke, M.; Schulte, E.; Schumacher, U.; and Rude, J. 2006. Atlas of Anatomy. Stuttgart: Thieme.

Sclater, A. 2003. 'The extent of Charles Darwin's knowledge of Mendel', Georgia Journal of Science, 61, 134–7.

Scott, E. C. 2004. Evolution vs. Creationism: An Introduction. Westport, Conn.: Greenwood.

Shermer, M. 2002. In Darwin's Shadow: The Life and Science of Alfred Russel Wallace. Oxford: Oxford University Press.

Shubin, N. 2008. Your Inner Fish: A Journey into the 3.5 Billion-Year History of the Human Body. London: Allen Lane.

Sibson, F. 1848. 'On the blow-hole of the porpoise', Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 138, 117–23.

Simons, D. J. and Chabris, C. F. 1999. 'Gorillas in our midst: sustained inattentional blindness for dynamic events', Perception, 28, 1059–74. Simpson, G. G. 1953. The Major Features of Evolution. New York: Columbia University Press.

Simpson, G. G. 1980. Splendid Isolation: The Curious History of South American Mammals. New Haven: Yale University Press.

Skelton, P. 1993. Evolution: A Biological and Palaeontological Approach. Wokingham: Addison-Wesley.

Smith, J. L. B. 1956. Old Fourlegs: The Story of the Coelacanth. London: Longmans.

Smolin, L. 1997. The Life of the Cosmos. London: Weidenfeld & Nicolson.

Söll, D. and RajBhandary, U. L. 2006. 'The genetic code – thawing the "frozen accident"', Journal of Biosciences, 31, 459–63.

Southwood, R. 2003. The Story of Life. Oxford: Oxford University Press.

Stringer, C. and McKie, R. 1996. African Exodus: The Origins of Modern Humanity. London: Jonathan Cape.

Sulston, J. E. 2003. 'C. elegans: the cell lineage and beyond', in T. Frängsmyr, ed., Les Prix Nobel, The Nobel Prizes 2002: Nobel Prizes, Presentations, Biographies and Lectures, 363–81. Stockholm: The Nobel Foundation.

Sykes, B. 2001. The Seven Daughters of Eve: The Science that Reveals our Genetic Ancestry. London: Bantam.

Thompson, D. A. W. 1942. On Growth and Form. Cambridge: Cambridge University Press.

Thompson, S. P. and Gardner, M. 1998. Calculus Made Easy: Being a Very-Simplest Introduction to Those Beautiful Methods of Reckoning Which Are Generally Called by the Terrifying Names of the Differential Calculus and the Integral Calculus. Basingstoke: Palgrave Macmillan.

Thomson, K. S. 1991. Living Fossil: The Story of the Coelacanth. London: Hutchinson Radius.

Trivers, R. 2002. Natural Selection and Social Theory. Oxford: Oxford University Press.

Trut, L. N. 1999. 'Early canid domestication: the farm-fox experiment', American Scientist, 87, 160–9.

Tudge, C. 2000. The Variety of Life: A Survey and a Celebration of All the Creatures that Have Ever Lived. Oxford: Oxford University Press.

Wallace, A. R. 1871. Contributions to the Theory of Natural Selection: A Series of Essays. London: Macmillan.

Weiner, J. 1994. The Beak of the Finch: A Story of Evolution in our Time. London: Jonathan Cape.

Wickler, W. 1968. Mimicry in Plants and Animals. London: Weidenfeld &

Nicolson.

Williams, G. C. 1966. Adaptation and Natural Selection: A Critique of Some Current Evolutionary Thought. Princeton: Princeton University Press.

Williams, G. C. 1992. Natural Selection: Domains, Levels, and Challenges. Oxford: Oxford University Press.

Williams, G. C. 1996. Plan and Purpose in Nature. London: Weidenfeld & Nicolson.

Williams, R. 2006. Unintelligent Design: Why God Isn't as Smart as She Thinks She Is. Sydney: Allen & Unwin.

Wilson, E. O. 1984. Biophilia. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Wilson, E. O. 1992. The Diversity of Life. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Wolpert, L. 1991. The Triumph of the Embryo. Oxford: Oxford University Press. Wolpert, L.; Beddington, R.; Brockes, J.; Jessell, T.; Lawrence, P.; and Meyerowitz, E. 1998. Principles of Development. London and Oxford: Current Biology / Oxford University Press.

Young, M. and Edis, T. 2004. Why Intelligent Design Fails: A Scientific Critique of the New Creationism. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.

Zimmer, C. 1998. At the Water's Edge: Macroevolution and the Transformation of Life. New York: Free Press.

Zimmer, C. 2002. Evolution: The Triumph of an Idea. London: Heinemann.

SLIKE U BOJI

strana 1*: Zemaljski raj* Jan Brojgel Stariji, 1607-1608, Luvr, Pariz: Lauros/Giraudon/The Bridgeman Art Library.

strane 2-3: (a) Divlji kupus *(Brassica oleraceaj,* morski grebeni, Dorset: © Martin Fowler/Alamy; (b) spirala od povrća: Tom Poland; (c) Bernard Lavery, vlasnik 14 svetskih rekorda, s jednim od svojih divovskih kupusa u Spaldingu, Linkolnšir, 1993: Chris Steele-Perkins/Magnum Photos; (d) suncokreti, Nacionalni park peščanih dina, Kolorado: © Chris Howes/Wild Places Photography/Alamy; (e) polje suncokreta, Hokaido: Mitsushi Okada/Getty Images; (f) Astucieux du Moulin de Rance, belgijsko plavo goveče, izložio ga je B. E. Newton: Yann Arthus-Bertrand/CORBIS; (g) Kathy Knott, pobednica u poziranju 1996. na britanskom šampionatu u bodi-bildingu: © Barry Lewis/Corbis; (h) Čivava i nemačka doga: © moodboard/alamy.

strane 4-5: (pozadina) polje leti, Norfolk: © G&M Garden Images/Alamy; (a) *Angraecum sesquipedale.* Nacionalni park Perinet, Madagaskar: Pete Oxford/Nature Picture Library i *Xanthopan morgani praedicta:* © Natural History Museum/Alamy; (b) vedrasta orhideja (*Coryanthes speciosa*): © Custom Life Science Images/Alamy; (c) pčela koja se pomalja iz vedraste orhideje: photolibrary/Oxford Scientific Films; (d) *Amazillia franciae,* Mindo, Ekvador: Rolf Nussbaumer/Nature Picture Library; (e) južnoafrička ptica nektarica, Kejptaun, Južna Afrika: © Nic Bothma/epa/Corbis; (f) *Macroglossum stellatarum,* Švajcarska: Rolf Nussbaumer/Nature Picture Library; (g) orhideja čekić i pčela, zapadna Australija: Babs i Bert Wells/Oxford Scientific Films/photolibrary; (h) Orhideja *Ophrys holosericea* privlači mužjaka bumbara svetlosmeđeg repa: blickwinkel/Alamy; (i, j) noćurak (*Oenothera biennis)* pod običnim i pod ultraljubičastim svetlom: obe

fotografije Bjorn Rorslett/Science Photo Library; (k) orhideja pauk (*Brassia rex),* Papua Nova Gvineja: © Doug Steeley /Alamy

strane 6-7: (a) par fazana *(Phasianus colchius*): Richard Packwood/Oxford Scientific Films/ photolibrary; (b) gupike: Maximillian Winzieri/Alamy; (c) malezijska bogomoljka (*Hymenopus coronatus*), Malezija: Thomas Minden/Minden Pictures/National Geographic Stock; (d) nimfa bogomoljke oponaša list, prašuma Amazona, Ekvador: © Michael 8c Patricia Fogen/Corbis; (e) gekon đavolskog repa boje uvelog lista: © Jim Zuckerman/Corbis; (f) gusenica koja oponaša zmiju, prašuma, Kostarika.

strana 8: Eksperiment s gorilom: Simons, D. J., 8e Chabris, C. F. (1999). Gorila među nama: neprekinuto nenamerno slepilo za dinamičke događaje. *Perception,* 28,1059-1074. Kravata s krokopatkom: ljubaznošću Josha Timonena. Tularaš: ljubaznošću Grahama Owena.

strana 9: *Darwinius masillae:* © Atlantic Productions Ltd/photo Sam Peach.

strane 10-11: (a) Prizor iz devona, Karen Carr: © Field Museum; (b) *Tiktaalik,* fosil: © Ted Daeschler/ Academy of Natural Sciences/VIREO, (c) *Tiktaalik,* model i fotografija: copyright Tyler Keillor; (d) lamantin i mladunci, ZooParc, Sent Enjan, 2003: AFP/Getty Images; (e) dugong u sidnejskom akvarijumu, 2008: AFP/Getty Images; (f) *Odontochelys:* Marlene Donnelly/ljubaznošću muzeja Field.

strane 12-13: (a,b) enzim heksokinaza zatvara se oko molekula glukoze: ljubaznošću Thomasa A. Steitza. (c) Crtež životinjske ćelije: Russell Knightley/Science Photo Library.

strana 14-15; (a) Oplođena ljudsku jajna ćelija i (b) dvočelijski ljudski embrion star 30 sati: obe fotografije Edelmann/Science Photo Library; (c) ljudski embrion sa osam ćelija, star tri dana i (d) ljudski embrion sa šesnaest ćelija star četiri dana: obe fotografije dr Yorgos Nikas/Science Photo Library; (e) embrion star deset dana u materici, upravo implantiran u zid materice; (f) s 22 dana, embrion ima zakrivljenu kičmu, a neuralna cev je otvorena sa obe strane; (g) s 24 dana, embrion je čvrsto implantiran u zid materice, srce je prošireno gotovo do same glave, a placenta povezuje embrion s matericom; (h) s 25 dana: sve fotografije Lennart Nilsson © Lennart Nilsson; embrion (i) s 5-6 nedelja; (j) u sedmoj nedelji: obe fotografije Edelmann/Science Photo Library; (k) fetus sa 17 nedelja, (I) s 22 nedelje: obe fotografije

Oxford Scientific Films/photolibrary; (m) novorođenče: Getty Images/ Steve Satushek.

strana 16: Jato čvoraka: dylan.winter@virgin.net.

strana 17: Rased San Andreas, dolina Karizo, centralna Kalifornija: © Kevin Schafer/Alamy.

strane 18-19: (a) Dijagram pokazuje starost okeanske litosfere, izvor podataka: R. D. Muller, M. Sdrolias, C. Gama i W. R. Roest, „Age spreading rates and spreading symmetry of the world's ocean crust", Geochem. Geophys. Geosyst. 9.Q04006. doi:10.1029/2007/GC001743. Autor slike Elliot Lim, CIRES & NOAA/NGDC, Odsek za geologiju mora i geofiziku. Podaci i slike dostupni su na Web lokaciji http:// www.ngdc.noaa.gov/mgg/; (b) crtež prikazuje proces širenja morskog dna: Gary Hincks/Science Photo Library; (c) crtež prikazuje konvekcijske struje: © Tom Coulson/Dorling Kindersley.

strane 20-21: (a) Kaldera na ostrvu Fernandina, Galapagos: Patrick Morris/Nature Picture Library; (b) Galapagos iz vazduha: Jacques Descloitres, MODIS Land Rapid Response Team, NASA/GSFC; (c), (d), (f), (g) Pelikan koji ponire, ostrvo Simur; morska iguana pliva, ostrvo Fernandina; galapagoska kornjača, Santa Kroz; i pelikan, pingvin i krabe *G. grpasus*, ostrvo Santjago: sve © Josie Cameron Ashcroft; (e) Kornjača sa sedlastim oblikom oklopa *(Geochelone elephantopus hoodensis),* ostrvo Santa Kruz, Galapagos: Mark Jones/Oxford Scientific/photolibrary.

strane 22-23: (a) Kengur *Macropus giganteus,* Nacionalni park Maramarang, Novi Južni Vels: Jean Paul Ferrero/Ardea; (b) šuma eukaliptusa blizu Norsmana, zapadna Australija: Brian Rogers/Natural Visions; (c) koala i njeno mladunče: ljubaznošću Wendy Blanshard/Lone Pine Koala Sanctuary; (d) Kljunar *Ornithorhynchus anatinus,* pliva pod vodom; (e) prstenastorepi lemur (*Lemur catta),* rezervat Berenti, južni Madagaskar: Hermann Brehm/Nature Picture Library; (f) drvo baobab, (*Adansonia grandidieri),* zapadni Madagaskar: Nick Garbutt/Nature Picture Library; (g) sifaka *Propithecus verreauxi,* rezervat Berenti, južni Madagaskar: (l*evo)* Kevin Schafer/Alamy; (u *sredini)* © Kevin Schafer/Corbis; *(desno)* Heather Angel/Natural Visions.

strana 24: Plavonoga Huna *(Sula nebouxii): (glavna slika)* © Michael DeFreitas, Južna Amerika/ Alamy; *(od vrha nadole)* © Westend

61 /Alamy; © Fred Lord/Alamy; F10nline/photolibrary; *(dve forografije pri dnu)* Nick Garbutt/Photoshot.

strana 25: Keli Dalberto: © David Paul/dpimages 2009.

strane 26-27: (a) majmun pauk, Belize, Centralna Amerika: Cubolimages srl/Alamy; (b) leteći lemur, mužjak, Borneo: Tim Laman/National Geographic Stock; (c) *Rousettus aegyptiacus:* © Tim Flach

strane 28-29: (a) Noj (*Struthhio camelus),* dok trči: © Juniors Bildarchiv/Alamy; (b) kormoran neletač (*Nannopterum harrisi),* Punta Espinosa, Fernandina, Galapagos: © Peter Nicholson/Alamy; (c) kormoran neletač (*Nannopterum harrisi),* kako roni, Fernandina, Galapagos: Pete Oxford/Nature Picture Library; (d) kakapo *(Strigops harboptilus),* Novi Zeland; (e) mrav radnik odbacuje krila, crtež Johna Dawsona: National Geographic/Getty Images; (f) pećinski daždevnjak *(Proteus anguinus):* Francesco Tomasinelli/ Natural Visions; (g) običan delfin *(Delphinus delphis),* Kalifornijski zaliv, Meksiko

strane 30-31: (a) Kukavica izbacuje jaje svračka (*Lanius senator)* iz hraniteljskog gnezda, Španija: © Nature Picture Library/Alamy; (b) lavica *(Panthera leo)* juri mladog kudua, Nacionalni park Etoša, Namibija: © Martin Harvey/Alamy: (c) *Pieris brassicae,* gusenica s larvama parazitske ose (*Cotesia glomerata)* ostavljenih da se učaure: © WILDLIFE GmbH/Alamy; (d) krošnja drveća Kapur, Selangor, Malezija: © Hans Strand

strana 32: (a) Ušće Amazona, pogled iz vazduhu © Stock Connectlon Distrlbution/Alamy; (b) divlji luk, sremuš *(Album ursinum),* Kornvol: © Tom Joslyn/Alamy; (brežuljci i pašnjaci, oblast Morgan, Kalifornija: © ili,ni l'erks l.lghtscapea/Alamy; (d) mahovina *(Hookeria lusteru),* ćelije lista, mikrograma polarizovanom svetlošću prikazuje dve cele ćelije koje sadrže hloroplast: dr Keith Wheeler/Science Photo Library.

ILUSTRACIJE U POGLAVLJIMA

Crteže uz tekst na sledećim stranama obradila je kompanija HL Studios: 88, 143 (oba), 147, 159, 160 (oba), 161, 165 (oba), 167, 169, 178, 179, 181, 182, 184 (oba), 185, 187, 212, 214, 216, 217, 219, 220, 221, 273, 275, 276, 279 (oba), 281 (oba), 285 (svi), 287, 289, 292, 327, 329, 331 (oba), 333 (donji), 334, 337, 340 i 347.

POJEDINAČNE ZAHVALNICE:

strana 7: „I dalje tvrdim da je to samo teorija”, autor crteža David Sipress, objavljeno u *New Yorkeru,* 23. maja 2005: © The New Yorker Collection 2005 David Sipress from cartoonbank.com. Ali Rights Reserved.

strane 39 i 41: Računarski generisane slike ustupio je autor knjige.

strana 55: Tri ilustracije iz knjige Čarlsa Darvina, Varijeteti gajenih životinja i biljaka (The Variation of Animals and Plants under Domestication), 1868.

strana 57: Kabuki maska samurajskog ratnika, detalj sa otiska na drvenoj ploči iz 19. veka, autor je Utagacva Toyokuni III, ljubaznošću Prirodnjačkog muzeja u Los Anđelesu. Rak *Heikea japonica,* mužjak uhvaćen u zalivu Ariake, blizu japanskog ostrva Kjušu, 1968; širina 20,4mm; fotograf Dick Meier, ljubaznošću Prirodnjačkog muzeja u Los Anđelesu.

strana 65: Dve sorte kukuruza odabirane za visok i nizak sadržaj ulja, preuzeto iz: J. W. Dudley i R. G. Lambert, „Ninety generations of selection for oil and protein in maize”, *Maydica* 37(1992) 81 -87.

strana 66: Dva soja pacova, preuzeto iz: H. R. Hunt, C. A. Hoppert i S. Rosen, „Genetic factors in experimental rat caries”, u R. E Sognnaes, ed„ *Advances in Experimental Caries Research* (Washington DC: American Association for the Advancement of Science, 1955), 66-81.

strana 73: Dmitrij Beljajev sa laboratorijskim lisicama, Novosibirsk, Rusija, mart 1984, fotografija RIA Novosti; preuzeto iz: D. K. Belayev, „Destabilizing selection as a factor in domestication”, *Journal of Heredity* 70 (1979), 301-308.

strana 108: Grafikon preuzet iz: A. C. Brooks i I. O. Buss, „Trend in tusk siže of the Uganda elephant”, *Mammalia* 26: I (1962), 10-34.

strana 111: Grafikon preuzet iz: A. Herrel, B. Vanhooydonck i R. van Damine„„Omnivory in lacertid lizards: adaptive evolution or restraint”, Journal of Evolutionary Biology 17 (2004), 974-984.

strana 112: Fotografija ileocekalne valvule preuzeta iz: A. Herrel, B. Vanhooydonck i R. van Damme, „Omnivory in lacertid lizards: adaptive evolution or restraint”, *Journal of Evolutionary Biology* 17 (2004), 974-984; ljubaznošću Anthonyja Herrela.

strane 119 (obe ilustracije), 120 i 123: Eksperiment Lenskog,

dijagrami preuzeti iz: R. E. Lenski i M. Travisano, „Dynamics of adaptation and diversification: a 10,000-generation experiment with bacterial populations", *Proceedings of the National Academy of Sciences* 91 (1994), 6808-6814.

strane 134 i 135: *Lingula:* „Rečem specimen of the brachiopod *Lingula* with long pedicle emerging from the 5 cm long valves of the phosphatic shell", © Prirodnjački muzej, London. *Lingulella,* rezbarija © Prirodnjački muzej, Univerzitet u Oslu.

strana 147: *Eomaia scansoria,* Kineska akademija geoloških nauka, nacrtano prema ilustraciji iz: Qiang Ji, Zhe-Xi Luo, Chong-Xi Yuan, John R. Wible, Jian-Ping Zhang i Justin A. Georgi, „The earliest knotvn eutherian mammal", *Nature* 416 (25. april, 2002), 816-822.

strana 159: *Eusthenopteron,* prema ilustraciji iz: S.M. Andrews i T.S. Westoll, „The postcranial skeleton of *Eusthenopteron foordi* Whiteaves", *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 68 (1970), 207-329.

strana 160: *lchthyostega,* prema ilustraciji iz: Per Erik Ahlberg, Jennifer Clack i Henning Biom, „The axial skeleton of the Devonian tetrapod *lchthyostega", Nature* 437 (I. septembar, 2005), 137-140, slika I. *Acanthostega,* po ilustraciji iz J. A. Clack, „The emergence of early tetrapods", *Palaeogeography, Palaeoclimatoogy, Palaeoecology* 232 (2006), 167-189. 440 Najveća predstava na Zemlji

strana 161: *Panderichthys,* rekonstrukcija prema ilustraciji Jennifer A. Clack.

strana 164: *Crtež preuzet iz: D. R. Prothero, Evolution: What the Fossils Say and Why it Matters,* copyright © 2007 Columbia University Press. Odštampano uz dozvolu izdavača.

strana 165 (dole): Rekonstruisani skelet *Pezosiren portali.* Bočni prikaz, dužina oko 2,1 m. Zasenčeni elementi su nacrtani prema fosilnim ostacima; nezasenčeni elementi... nisu. Dužina repa, te izgled i položaj stopala, delimično su nastali prema pretpostavci. Prema ilustraciji u D. P. Domning, „The earliest known fully quadrupedal sirenian", *Nature* 413 (I I. oktobar, 2001), 626-627, slika I.

strana 169: Dijagram modifikovan prema dijagramu iz W. G. Joyce i J. A. Gauthier, „Palaeoecology of Triassic stem turtles sheds new light on turtle origins", *Proceedings of the Royal Society of London Ili* (2004), 1-5.

strana 194: *Sahelanthropus tchadensis,* rekonstrukcija Bone Clones.

strana 196: Lobanja šimpanze neposredno pred rođenje, rekonstrukcija Bone Clones.

strana 206: Mladunče i odrasla šimpanza, ljubaznošću Stephena Carra, iz: Adolf Naef, „Ober die Urformen der Anthropomorphen und die Stammesgeschichte des Menschenschadels", *Die Naturv/issenschaften* 14: 21 (1926), 472-477. Autor originalnih fotografija: Herbert Lang. Snimljeno tokom ekspedicije u Kongo u organizaciji Američkog prirodnjačkog muzeja, 1909-1915.

strana 212: Tri vrste virusa, prema Neil. A. Campbell, Jane B. Reece i Lawrence G. Mitchell, *Biology,* 5. izdanje, slika 18.2, str. 321. Copyright © 1999 by Benjamin/Cummings, štampa Addison Wesley Longman, Inč. Ponovo štampano uz dozvolu Pearson Education, Inc.

strana 216: Crtež neurulacije, ljubaznošću PZ Myersa.

strane 230-231: Ćelijsko porodično stablo *Caenorhabditis elegansa,* http://www.wormatlas.org.

strana 247: Mapa Galapagoskog arhipelaga, iz Charles Damin, *lournal of Researches,* I, ilustrovano izdanje, 1890, © The Natural History Museum, London.

strana 253: Šumsko drveće na ostrvu Sveta Jelena, ljubaznošću Jonathana Kingdona.

strana 262: „Južna Amerika se otcepila", crtež Johna Holdena iz Robert S. Diets, „More about continental drift", *Sea Frontiers,* časopis Međunarodnog okeanografskog udruženja, mart-april, 1967.

strana 275: Kostur pterodaktila, prema: P. Wellnhofer, *Pterosaurs* (London: Salamander Books, 1991).

strana 277: Polidaktilni konj iz: O. C. Marsh, „Recent polydactyle horses", *American Journal of Science,* april 1892.

strana 281: Kostur okapija, prema crtežu Jonathana Kingdona.

strana 286: Lobanja tasmanijskog tigra, S. R. Sleightholme i N. P. Ayliffe, International Thylađne Specimen Database, Zoological Society of London (2005).

strana 289: Rotifera iz klase bdeloida, prema Marcus Hartog, „Rotifera, gastrotricha, and kinorhyncha", *The Cambridge Natural History,* tom II (1896)

strana 294: „Razne vrste kraba i skatkovodnih rakova", iz: Ernst Haeckel, *Kunstformen der Natur* (1899-1904)

strane 296-297: Dijagrami iz: D'Arcy Wentworth Thompson, *On Growth and Form* (1917)

strana 311: Hodžkinov zakon, ljubaznošću Jonathana Hodgkina.

strana 313: Filogenetsko stablo iz: David Hillis, Derrick Zwickl i Robin Gutell, Univerzitet Teksas u Ostinu, http://www.zo.utexas.edu/faculty/antisense/DownloadfilesToL.html.

strana 331: *Anhanguera;* prema ilustraciji Johna Sibbicka.

strana 333: Ženka *Thaumatoxena andreinii silvestri,* iz: R. H. L. Disney i D. H. Kistner, „Revision of the termitophilous Thaumatoxeninae (Diptera: Phoridae)", *Journal of Natural History* (1992) 26:953-991.

strana 343: Crtež iz: R. J. Berry i A. Hallam, *The Collins Encyclopedia of Animal Evolution* (1986)

strana 345: Disekcija žirafe, fotografija dr Joy S. Reidenberg.

strana 347: Prema crtežu Georgea C. Williamsa.

Sve je preduzeto da bi se pronašli vlasnici autorskih prava. Ako je neko izostavljen, izdavačima će bili drago da ih o tome obaveste kako bi se u kasnijim izdanjima našla valjana zahvalnica.

O AUTORU

Ričard Dokins je britanski zoolog, evolucioni biolog i filozof nauke. Rođen je 1941. godine u Keniji, a školovao se na Oksfordu. Do 2008. bio je profesor na Katedri za razumevanje nauke u javnosti na Oksfordskom univerzitetu.

Svetsku popularnost Dokins je stekao knjigom *Sebični gen,* objavljenom 1976. godine. U njoj je izneo tezu da je gen osnovna jedinica evolucije i objasnio kako su altruizam i moral takođe utemeljeni u „sebičnim genima". Dokins je uspeo da naučne koncepte izloži u naučnopopularnoj knjizi, pišući preciznim, jasnim i dopadljivim književnim stilom. Mnogi kritičari su primetili da Dokins piše „tako da se čitalac oseća kao genije dok čita njegove knjige".

Dokins je čvrst pobornik naučnog pogleda na svet, pogotovo redukcionizma, determinizma i racionalizma, o čemu govore i druge njegove knjige: *Prošireni fenotip* (1982), *Slepi časovničar* (1986), *Reka iz Raja* (1995), *Uspon Planinom neverovatnosti* (1996), *Rasplitanje duge* (1998), *Đavolov kapelan* (2003), *Priče predaka* (2004), *Zabluda o Bogu* (2006) i *Najveća predstava na Zemlji* (2009).

Nastupajući kao ateist, skeptik i beskompromisan borac protiv postmodernizma u nauci, Dokins je stekao veliku popularnost i brojne protivnike. Često je na meti kritike teologa, religioznih fundamentalista, vernika, zagovornika alternativne medicine, ali i nekih naučnika koji pokušavaju da „pomire" religiju i nauku.

Ričard Dokins je osnivač Fondacije za razum i nauku, a njegova veoma sadržajna Web lokacija nalazi se na adresi www.richarddawkins.net.

„I blagoslovi ih Bog, i reče im Bog: radajte se i množite se, i napunite zemlju, i vladajte njom, i budite gospodari od riba morskih i od ptica nebeskih i od svega zverinja što se miče po zemlji."

Rezultati anketa pokazuju da su mnogi ljudi kreacionisti koji veruju da su sva živa bića nastala u jednoj nedelji, pre šest hiljada godina.

(a) Gorila među nama. Neverovatan dokaz o tome koliko je nepouzdano svedočenje očevidaca (str. 14)

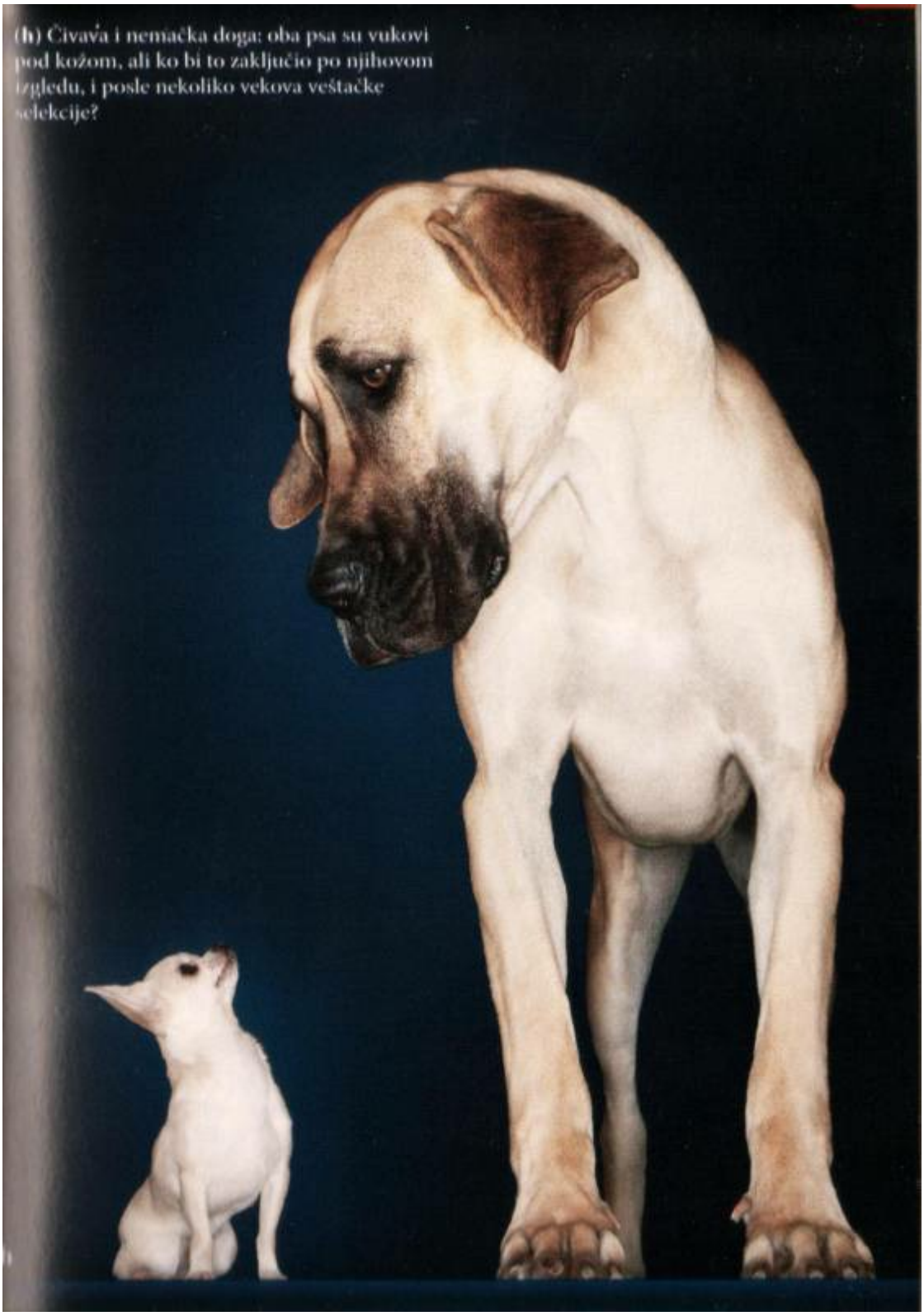
Slika ustupio Danijel Sajmons. Ovi kadrovi su deo video-zapisa dostupnog na DVD-u kompanije Viscog Productions (http://www.viscog.com).

(b) Ako se evolucija zaista zbila, kako to da nema krokopataka i žabomajmuna, zašto nema nilskih pasa i kengurošvaba? U slavu tog argumenta koji obara s nogu (str. 146), Džoš Timonen ljubazno mi je napravio ovu kravatu s krokopatkama, da je nosim u čast kreacionista širom sveta.

(c) Primamljiv mamac da se na njega upeca strastveni kreacionista (str. 148).

Šta se veštačkom selekcijom može postići za kratko vreme, vidimo na primeru kupusa (**a**), i njegovih korisnih (**b**), te čudovišnih (**c**) potomaka. Suncokrete (**d**) su još davno uzgajali američki domoroci, a savremeni vrtlari su ih unapredili (**e**).

Belgijsko plavo goveče, svo napakovano mišićima (**f**), nastalo je veštačkom mutacijom. Nabildovana žena (**g**) veštački je izvajala svoje telo vežbama. Promene koje podstakne okruženje mogu vrlo verno podražavati genetske promene.



(h) Čivava i nemačka doga: oba psa su vukovi pod kožom, ali ko bi to zaključio po njihovom izgledu, i posle nekoliko vekova veštačke selekcije?

(a) Dugačka nektarija ove orhideje s Madagaskara, navela je i Darvina i Volasa da predvide otkriće životinjske vrste s jednako velikom sisaljkom. Godinama kasnije, ta vrsta je otkrivena: *Xanthopan morgani praedicta*, Darvinova veštica. (b) *Coryanthes*, vedrasta orhideja: jedan od najsloženijih primera neverovatno efikasnog oprašivanja. (c) Pčela iz grupe *Euglossine* muči se da izađe iz vedraste orhideje i usput pokupi polen.

(d) Moljac koji je umislio da je kolibri? Ovo je golupka, čudesan primer konvergentne evolucije. (e) Kolibri u divnoj akciji. Jarke crvene cvetove obično oprašuju ptice jer one, za razliku od insekata, dobro vide pri crvenom kraju spektra. (f) Ptica nektarica isisava nektar iz crvenog cveta u Africi. (g) Pčela od vrste *Tynnid* sleće u rodeo maniru na ovu orhideju čekić. (h) Medena zamka? Ova orhideja je varalica – uzda se u svoju sličnost sa ženkom pčele kako bi namamila mužjaka na pokušaj kopulacije. (i) Noćurak, našim očima. (j) Noćurak, očima insekta? Ne baš, ali boje su drugačije da biste videli šare koje možda vidi i insekt svojim ultraljubičastim pogledom. (k) Orhideja pauk. Da li ju je ovako paukoliku oblikovala prirodna selekcija?

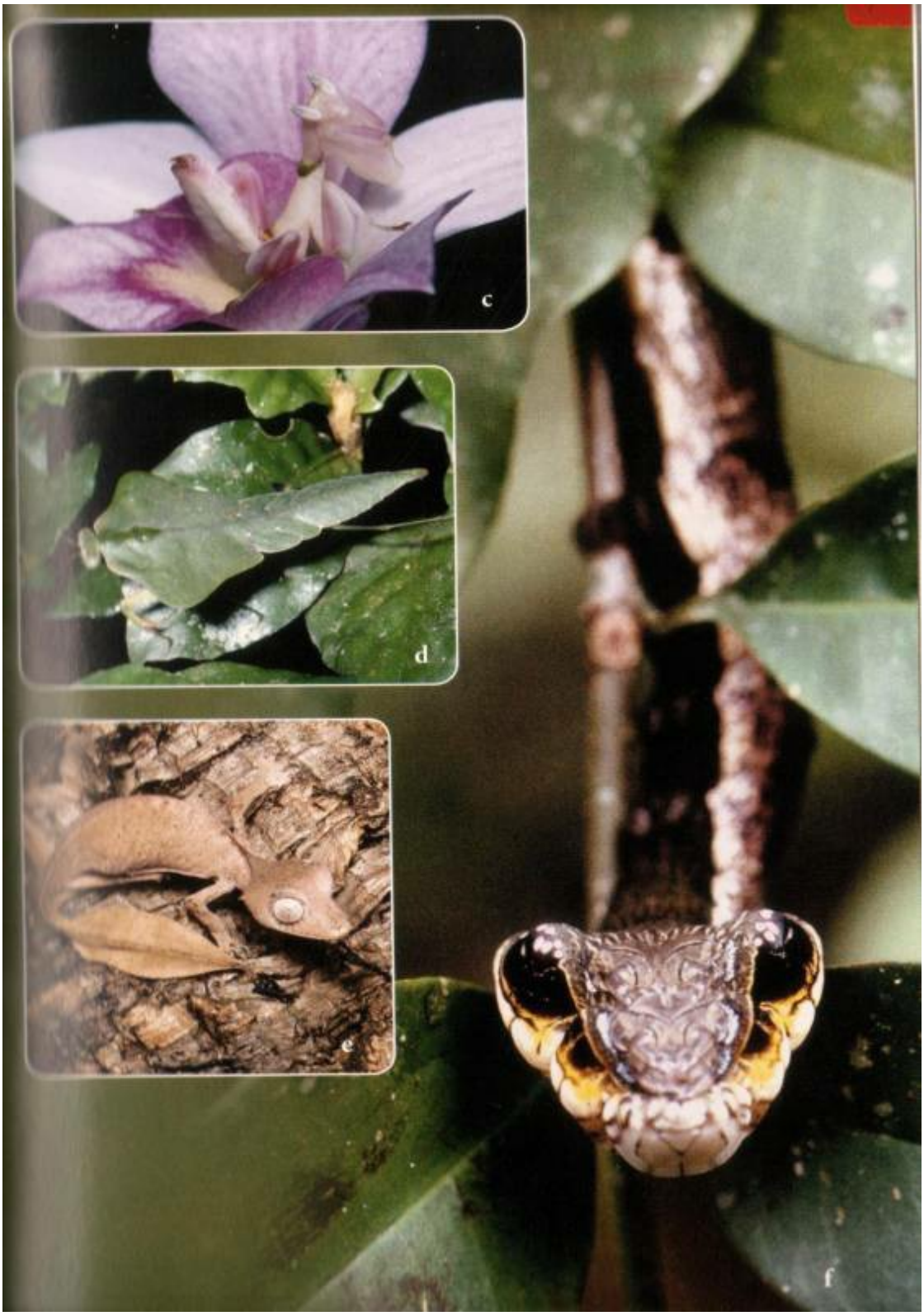
d
g
e
h
f
i
j
k

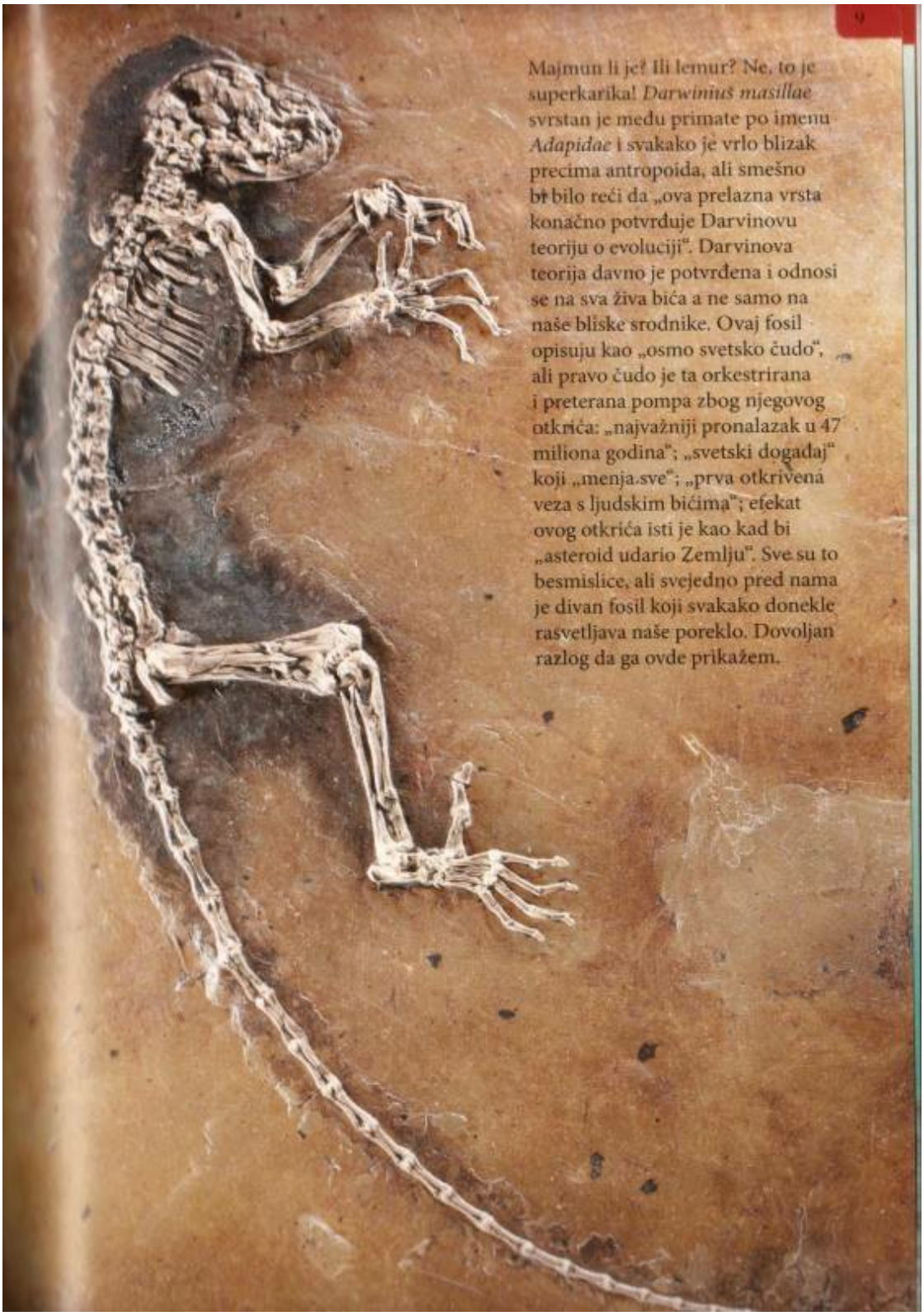
Jarke boje fazana (**a**) izabrale su generacije fazanki. (**b**) Podvodni fazani? U vodama bez grabljivaca, mužjaci gupike stiču upadljive boje koje privlače grabljivce. Kao sa ružama i lalama, ljudski odgajivači shvatili su suštinu i dodatno pojačali taj trend. Ove gupike privlačne su akvaristima isto koliko i ženkama.

(**c**) Opasnost vreba u lepoti. Ljubičasta bogomoljka pritajila se i čeka insekte zavedene cvetom koji ona podražava. (**d**) Druge bogomoljke podražavaju listove; ovo je nimfa (stadijum između larve i odrasle jedinke) jedne od njih. Pojedine životinje, kao što je ovaj gekon (**e**) iz Južne Afrike, oponašaju sasušene listove. (**f**) Ovo nije prednji kraj zmije, nego zadnji kraj gusenice. Njeni su preci preživeli zato što su ih se brojni potencijalni grabljivci plašili, misleći da su naišli na zmiju.

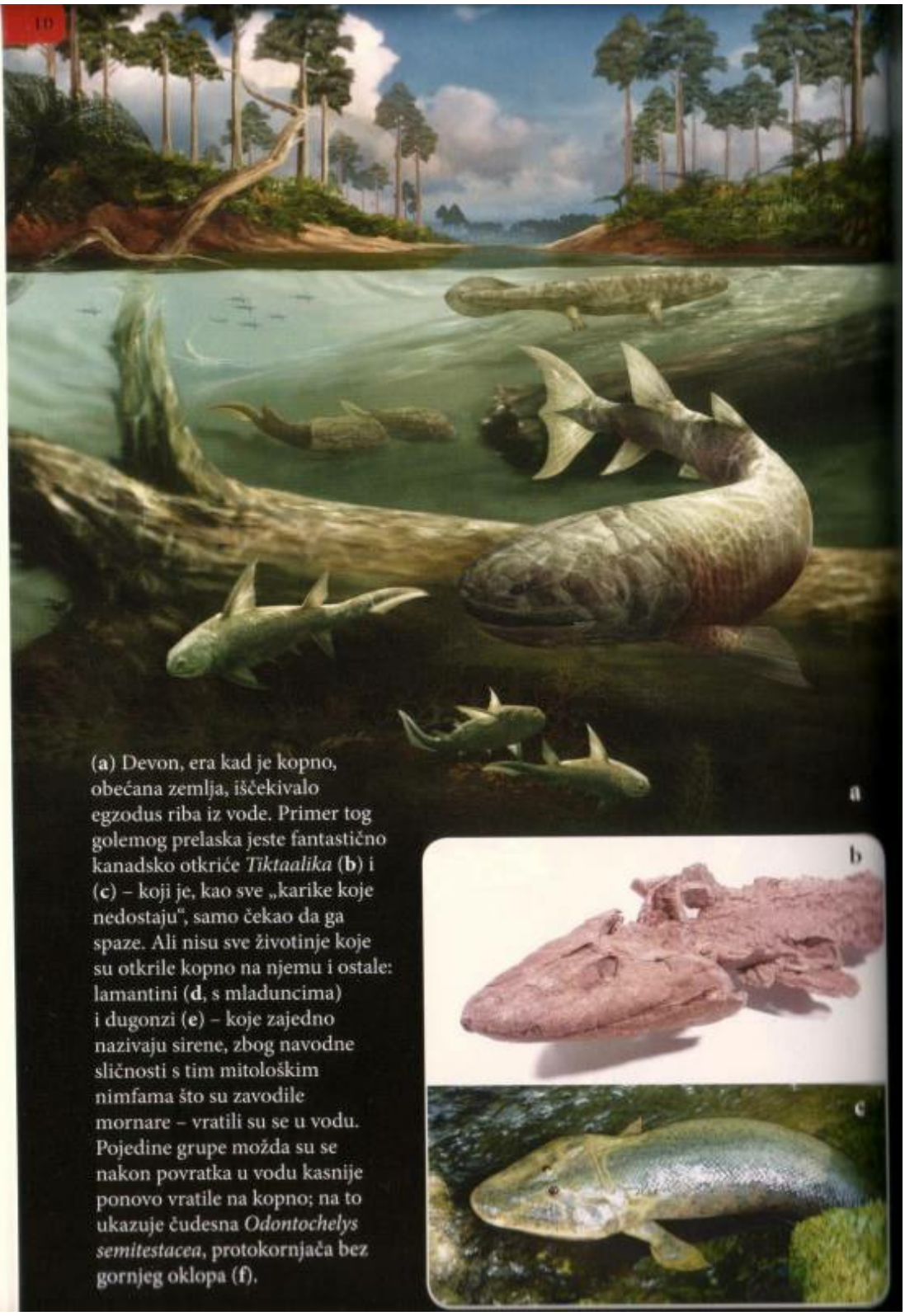
a

b


c
d
e
f

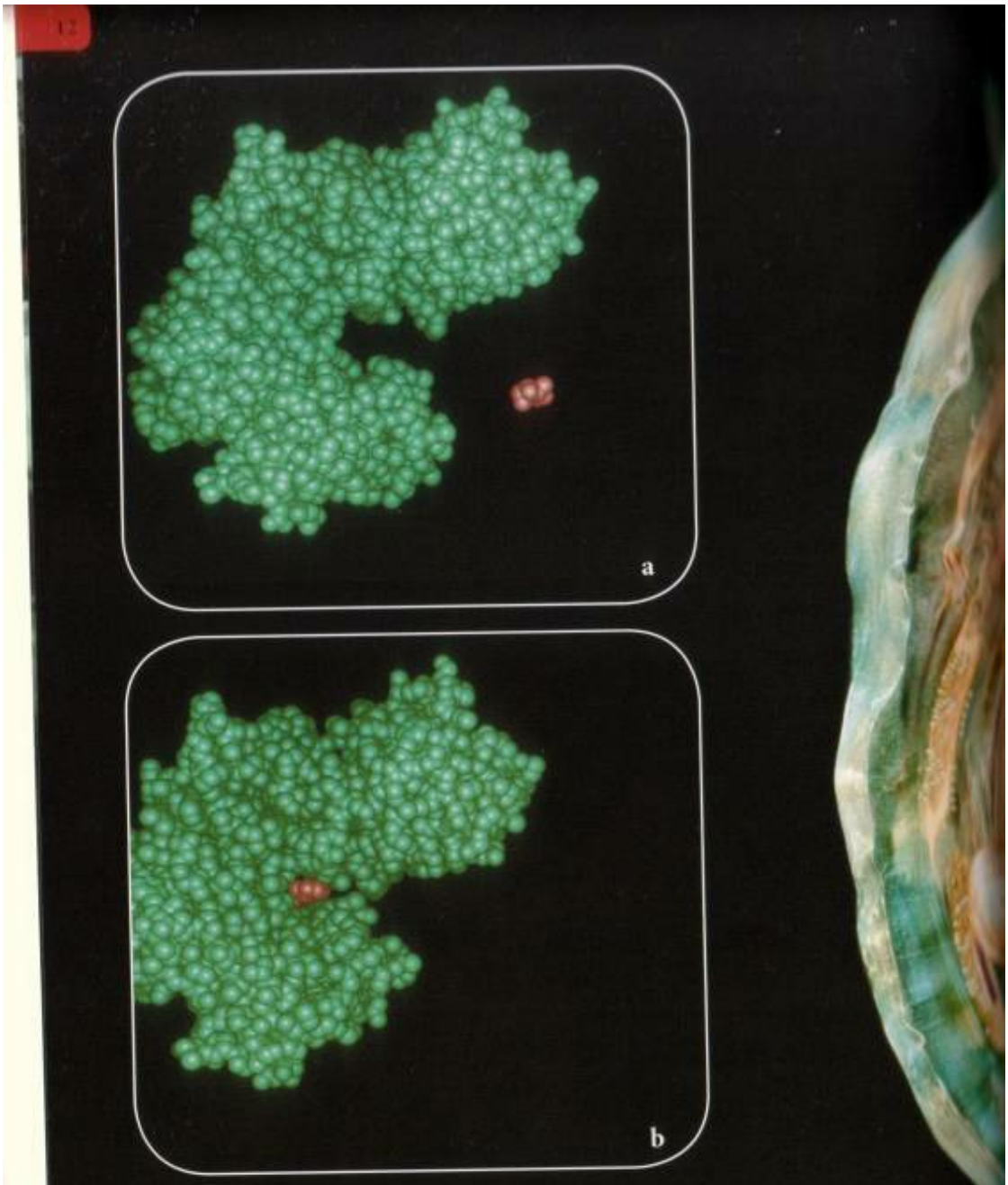


Majmun li je? Ili lemur? Ne, to je superkarika! *Darwinius masillae* svrstan je među primate po imenu *Adapidae* i svakako je vrlo blizak precima antropoida, ali smešno bi bilo reći da „ova prelazna vrsta konačno potvrđuje Darvinovu teoriju o evoluciji". Darvinova teorija davno je potvrđena i odnosi se na sva živa bića a ne samo na naše bliske srodnike. Ovaj fosil opisuju kao „osmo svetsko čudo", ali pravo čudo je ta orkestrirana i preterana pompa zbog njegovog otkrića: „najvažniji pronalazak u 47 miliona godina"; „svetski događaj" koji „menja sve"; „prva otkrivena veza s ljudskim bićima"; efekat ovog otkrića isti je kao kad bi „asteroid udario Zemlju". Sve su to besmislice, ali svejedno pred nama je divan fosil koji svakako donekle rasvetljava naše poreklo. Dovoljan razlog da ga ovde prikažem.

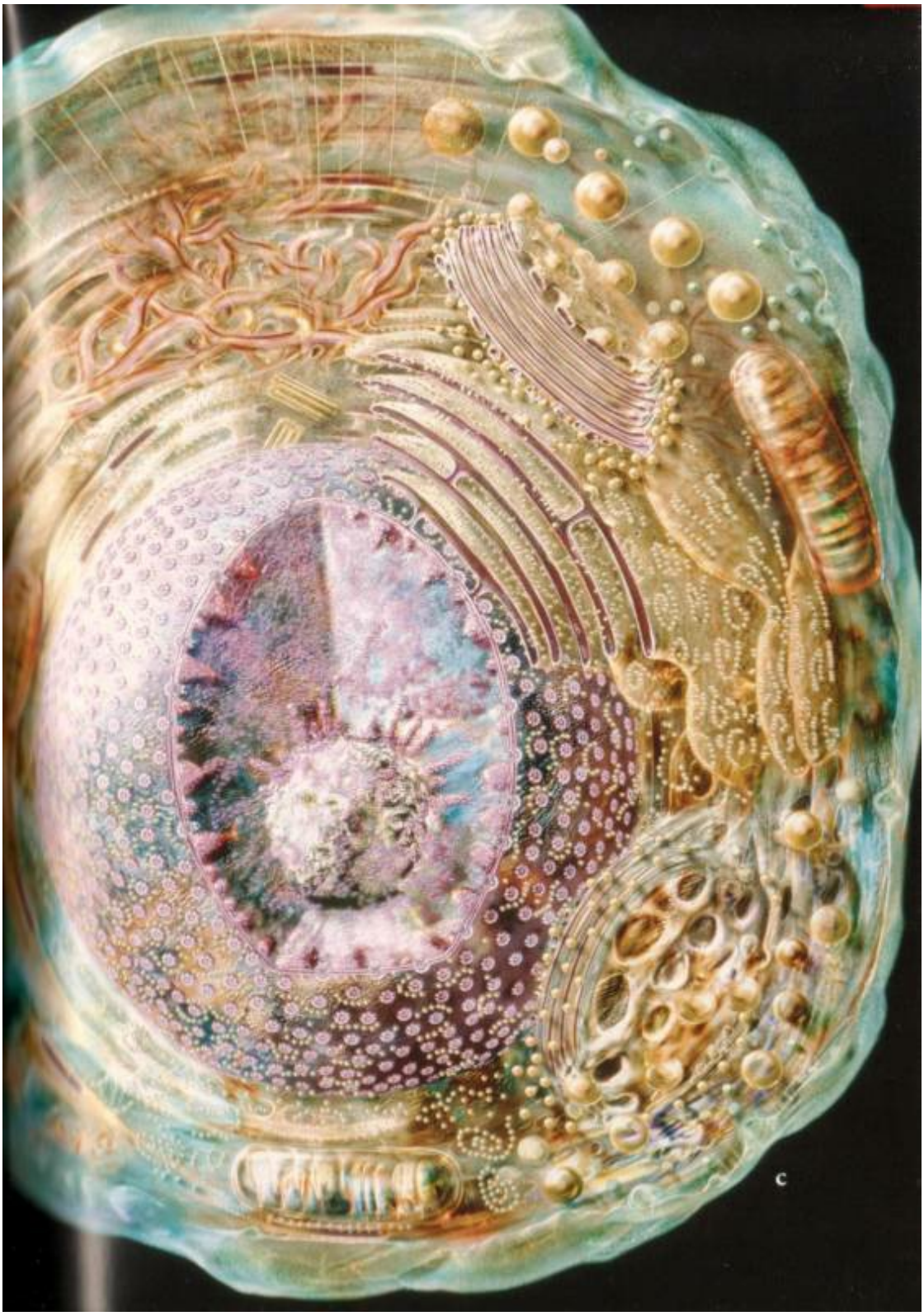


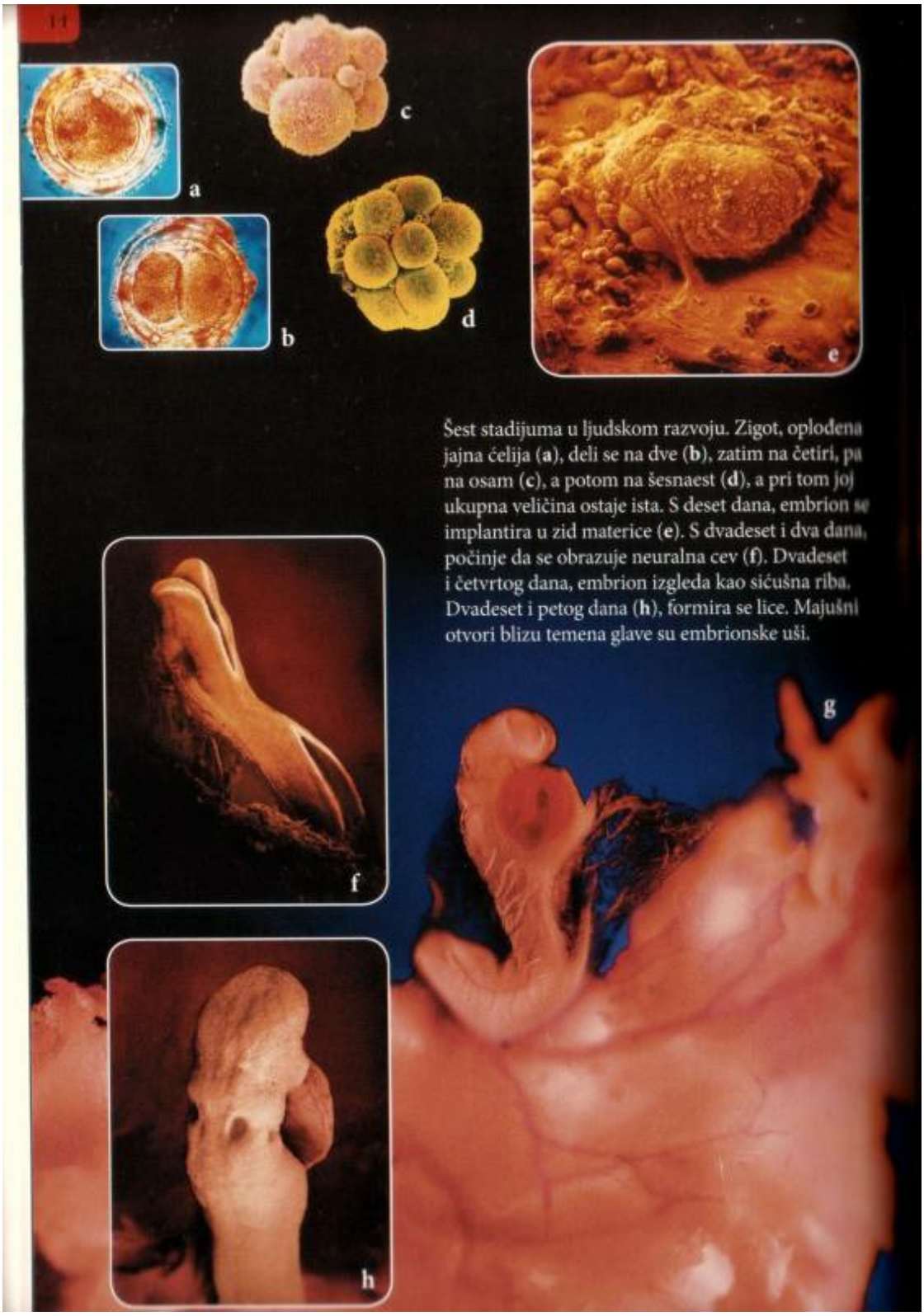
(**a**) Devon, era kad je kopno, obećana zemlja, iščekivalo egzodus riba iz vode. Primer tog golemog prelaska jeste fantastično kanadsko otkriće *Tiktaalika* (**b**) i (**c**) – koji je, kao sve „karike koje nedostaju", samo čekao da ga spaze. Ali nisu sve životinje koje su otkrile kopno na njemu i ostale: lamantini (**d**, s mladuncima) i dugonzi (**e**) – koje zajedno nazivaju sirene, zbog navodne sličnosti s tim mitološkim nimfama što su zavodile mornare – vratili su se u vodu. Pojedine grupe možda su se nakon povratka u vodu kasnije ponovo vratile na kopno; na to ukazuje čudesna *Odontochelys semitestacea*, protokornjača bez gornjeg oklopa (**f**).

d
e
f

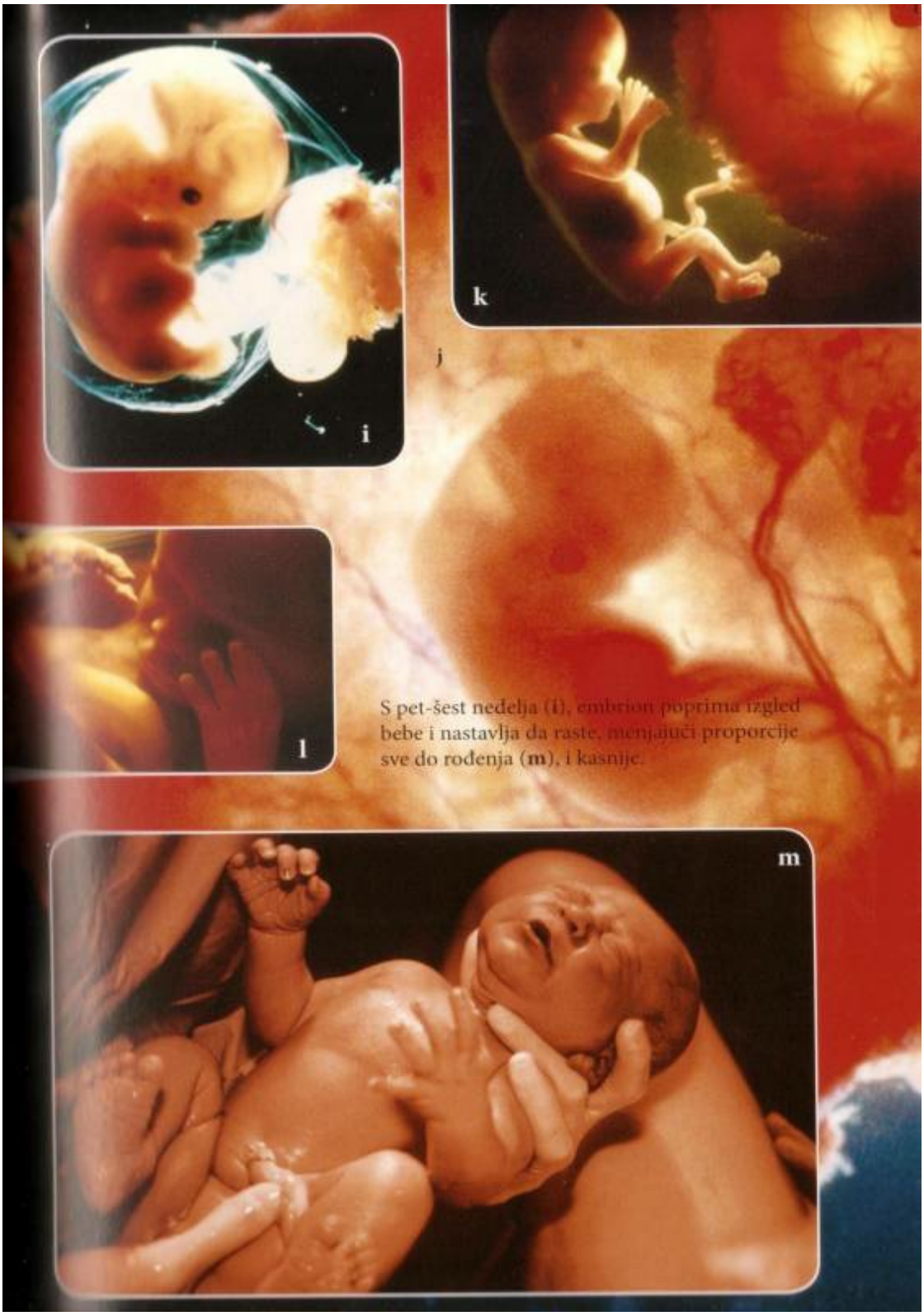


(**a**) i (**b**) Veliki, zeleni molekul je heksokinaza, važan enzim koji obrađuje glukozu (mali, smeđi molekul) tako što joj dodaje fosfat. Otvorena „vilica" (aktivna oblast enzima) na slici (**a**), zgrabi glukozu (**b**), drži je dok se dodaje fosfat, a onda je pusti. (**c**) Čak nas i složenost pojedinačne ćelije ostavlja bez daha. Ćelija nikako nije samo vreća puna sokova; ona je krcata komplikovanom membranoznom opremom i molekulskim prenosnim trakama. Da biste razumeli na koji način se takva kompleksnost stekla na jednom mestu, najbitnije je da shvatite kako se sve to odigrava lokalno, s malim entitetima koji se pokoravaju lokalnim pravilima.


c

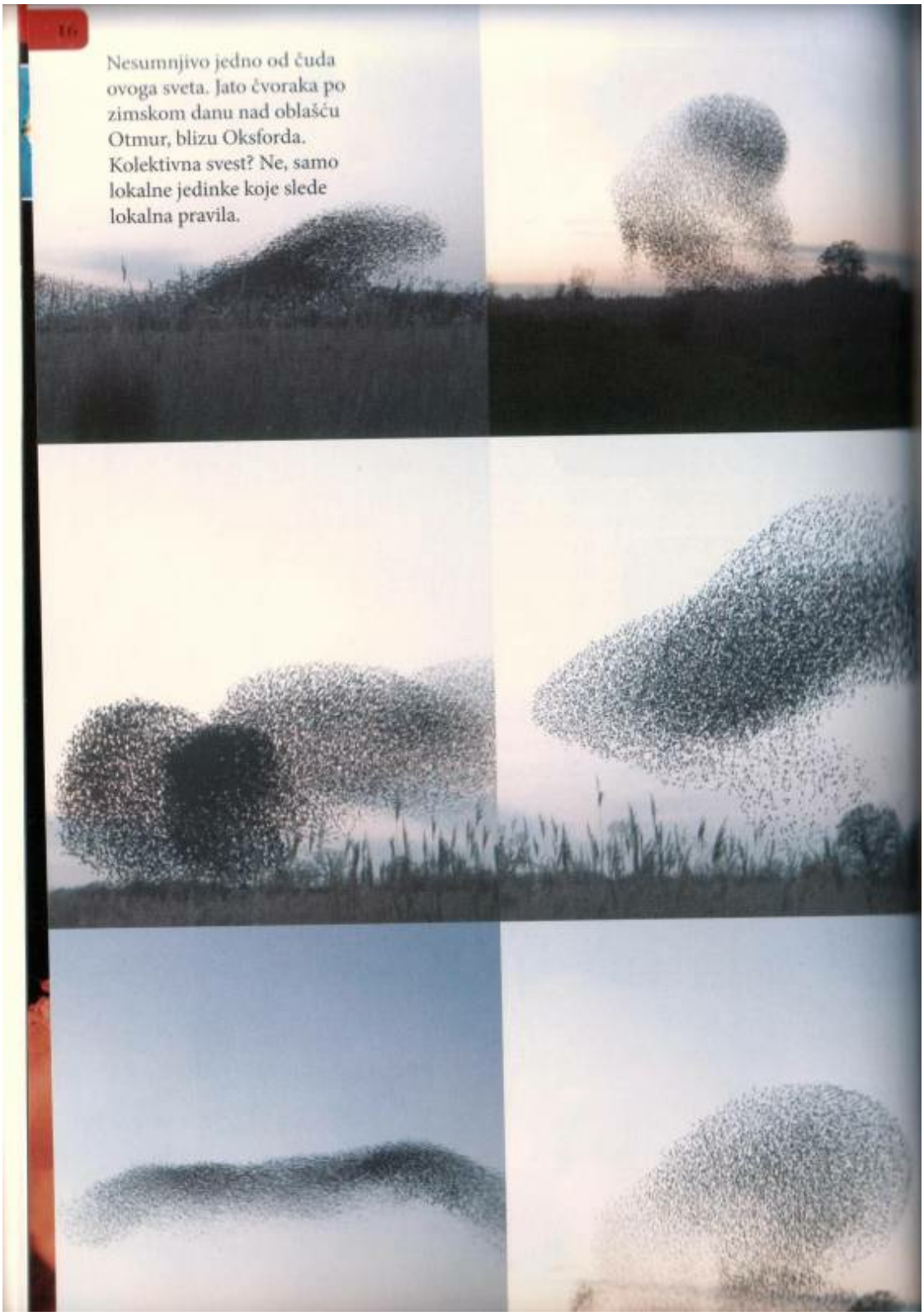


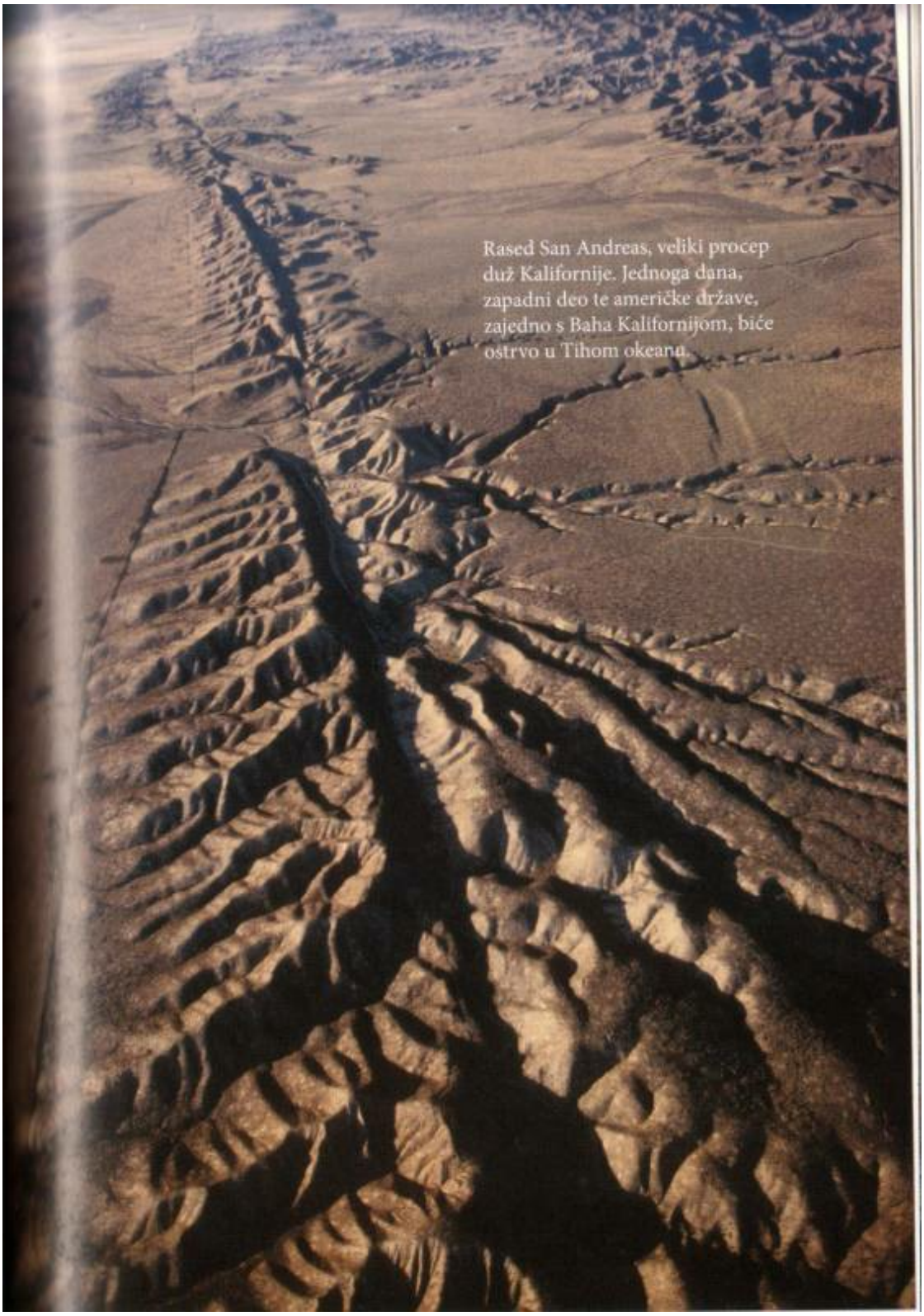
Šest stadijuma u ljudskom razvoju. Zigot, oplođena jajna ćelija (**a**), deli se na dve (**b**), zatim na četiri, pa na osam (**c**), a potom na šesnaest (**d**), a pri tom joj ukupna veličina ostaje ista. S deset dana, embrion se implantira u zid materice (**e**). S dvadeset i dva dana, počinje da se obrazuje neuralna cev (**f**). Dvadeset i četvrtog dana, embrion izgleda kao sićušna riba. Dvadeset i petog dana (**h**), formira se lice. Majušni otvori blizu temena glave su embrionske uši.



S pet-šest nedelja (**i**), embrion poprima izgled bebe i nastavlja da raste, menjajući proporcije sve do rođenja (**m**), i kasnije.

Nesumnjivo jedno od čuda ovoga sveta. Jato čvoraka po zimskom danu nad oblašću Otmur, blizu Oksforda. Kolektivna svest? Ne, samo lokalne jedinke koje slede lokalna pravila.

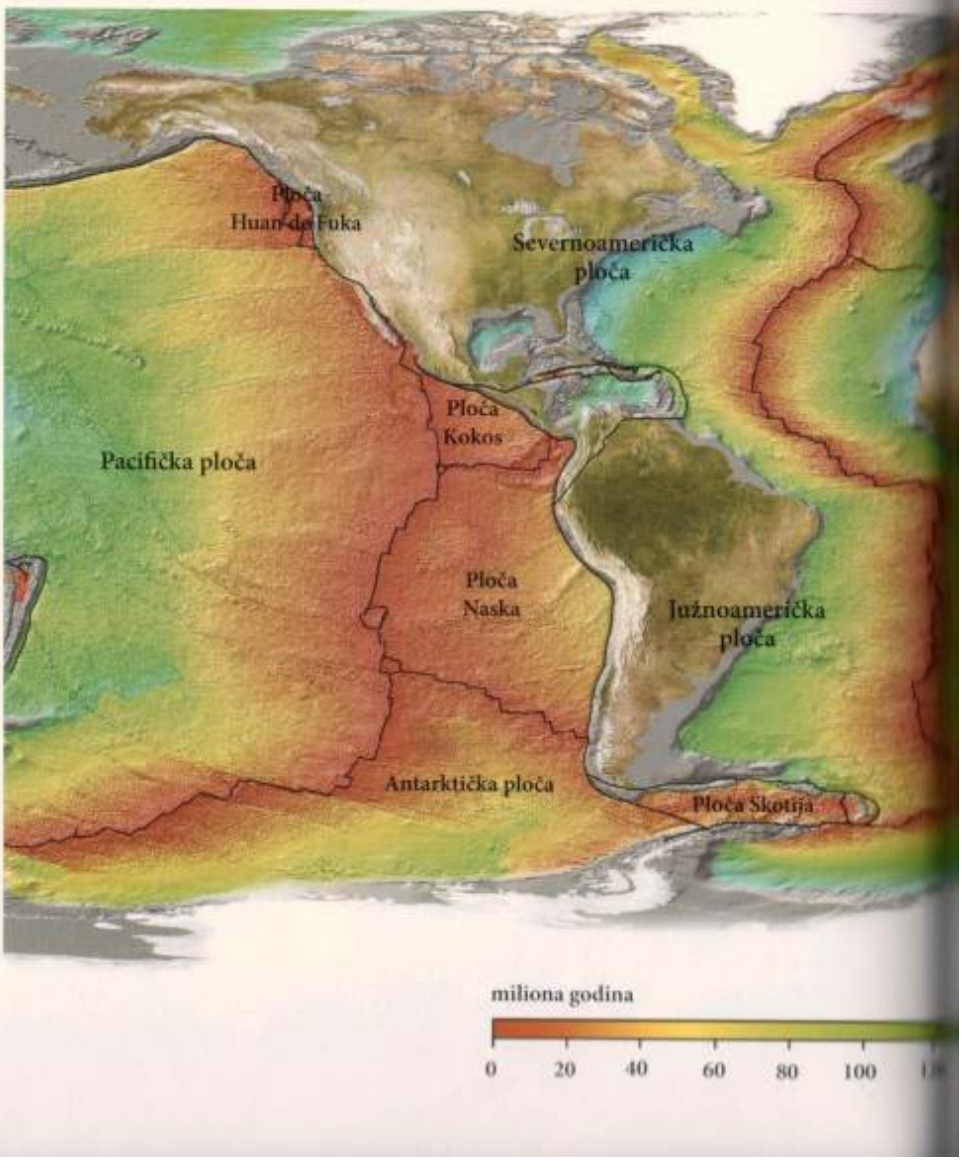


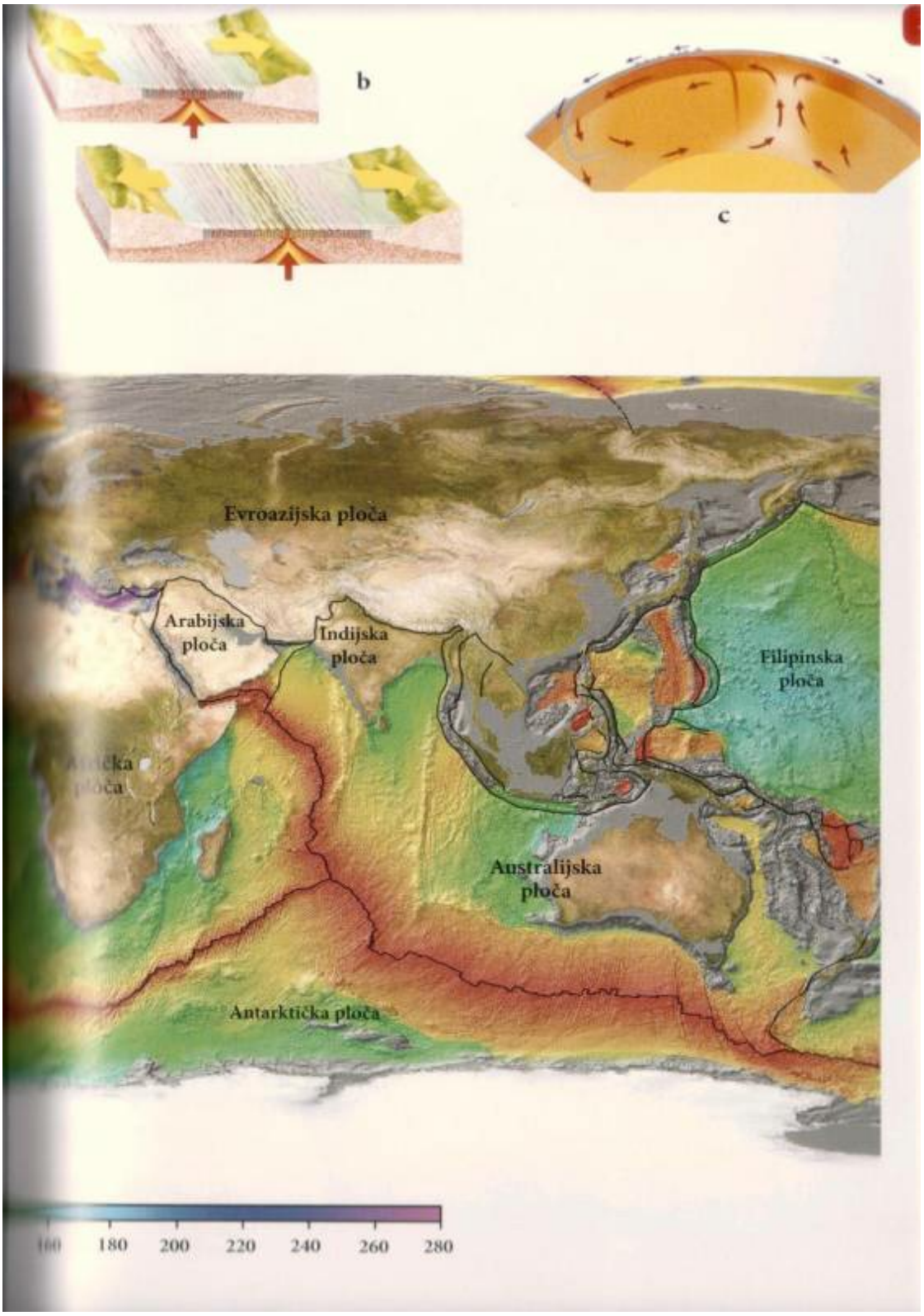


Rased San Andreas, veliki procep duž Kalifornije. Jednoga dana, zapadni deo te američke države, zajedno s Baha Kalifornijom, biće ostrvo u Tihom okeanu.

(**a**) Obeležavanje bojom stena pod morem. U poglavlju 9, zamišljena podmornica otisnula se na istok iz brazilske luke Masejo i dospela do mladih stena srednjeatlantskog grebena, na pola puta preko okeana. (**b**) Širenje morskog dna i (**c**) duboke i spore konvekcijske struje koje pokreću ploče.

a




b
c
Evroazijska ploča
Arabijska ploča
Indijska ploča
Filipinska ploča
Australijska ploča
Antarktička ploča
160
180
200
220
240
260
280

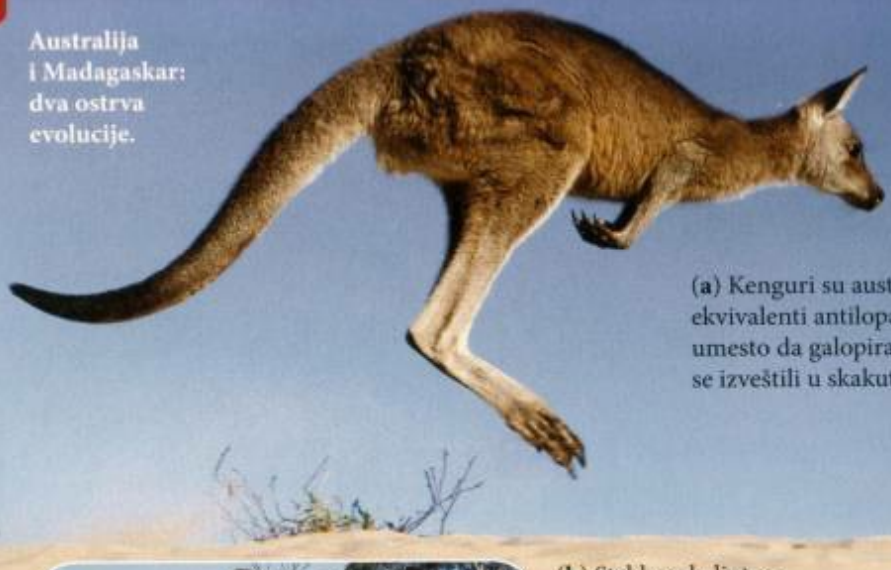
a
b
c
d

Galapagos: mladi primer evolucije?

(**a**) Kaldera na ostrvu Fernandina, najmlađem i vulkanski najaktivnijem galapagoskom ostrvu. (**b**) Galapagos iz vazduha, sa zelenim uzvišenjima (vulkani) i tamnim ravnicama od lave. (**c**) Galapagoski pelikan ustremljuje se na ribu. Iz nekog razloga, u latinskom nazivu ove galapagoske podvrste smeđih pelikana, našla se i reč *urinator*.

(**d**) Galapagoska morska iguana pliva. Po toj osobini razlikuje se od svih drugih iguana. Divovske galapagoske kornjače na svakom ostrvu su drugačije. Sedlasti oblik (**e**), za razliku od kupolastog oblika (**f**) kornjača koje se hrane travom, karakterističan je za ostrva na kojima kornjače brste kaktuse pa moraju da visoko istegnu vratove. (**g**) Uobičajen prizor na Galapagosu: galapagoski smeđi pelikan, galapagoski pingvin (jedini koji je – skoro – prešao na severnu hemisferu) i krabe *G. grapsus* na mrkim stenama ohlađene lave.

Australija i Madagaskar: dva ostrva evolucije.



(**a**) Kenguri su australijski ekvivalenti antilopa, ali umesto da galopiraju oni su se izveštili u skakutanju.

a

b

(**b**) Stabla eukaliptusa dominiraju australijskim šumama.

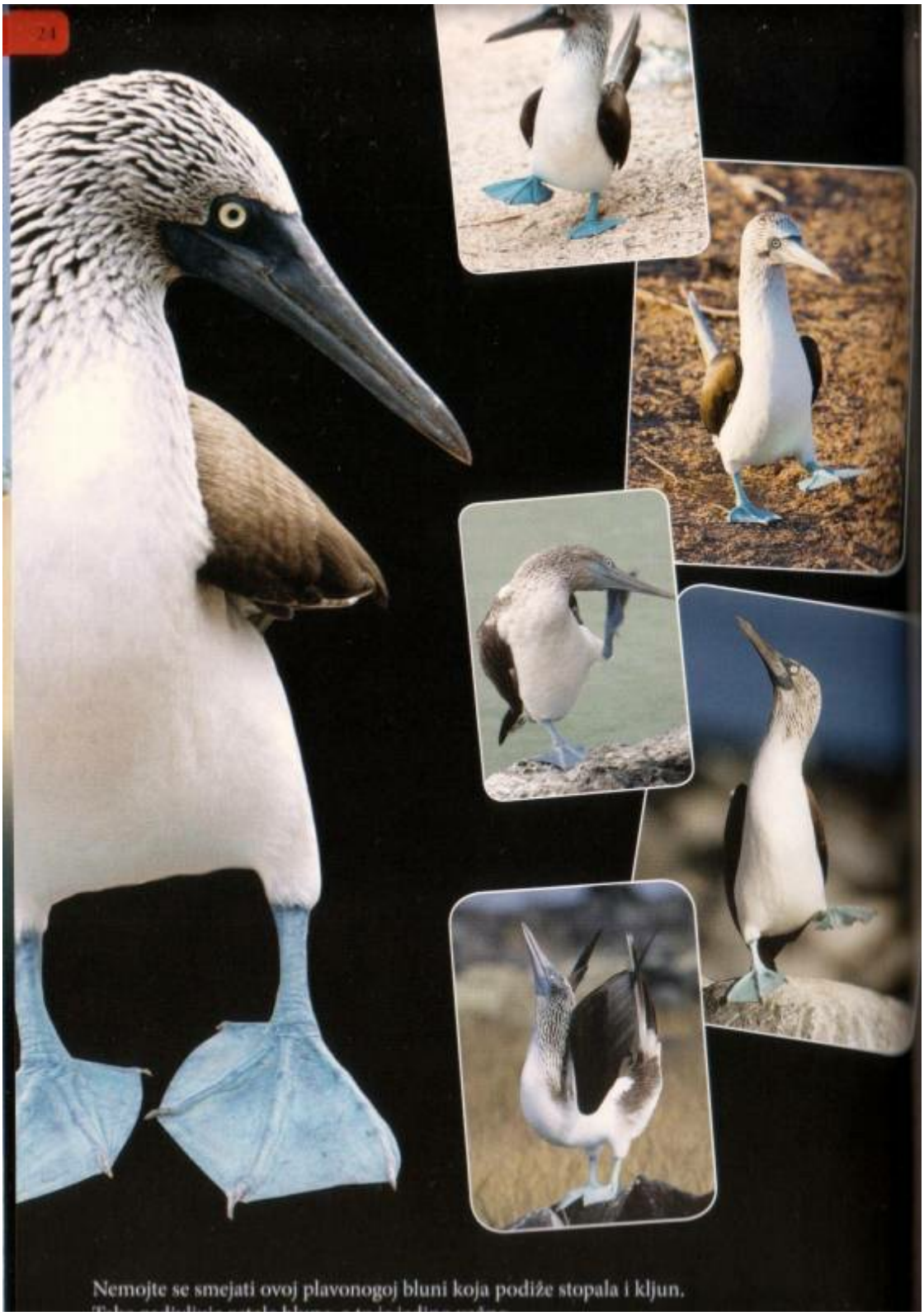
c

(**c**) Ono što su lenjivci u Južnoj i Srednjoj Americi, to su koale u šumama Australije. I lenjivci i koale imaju usporen metabolizam. Koale su jedinstvene po tome što jedu eukaliptusovo lišće, možda i zato što retko koja životinja može da izdrži njihove toksine. Uočite mladunče u torbi koja je okrenuta naopako, što je verovatno posledica istorijske slučajnosti.

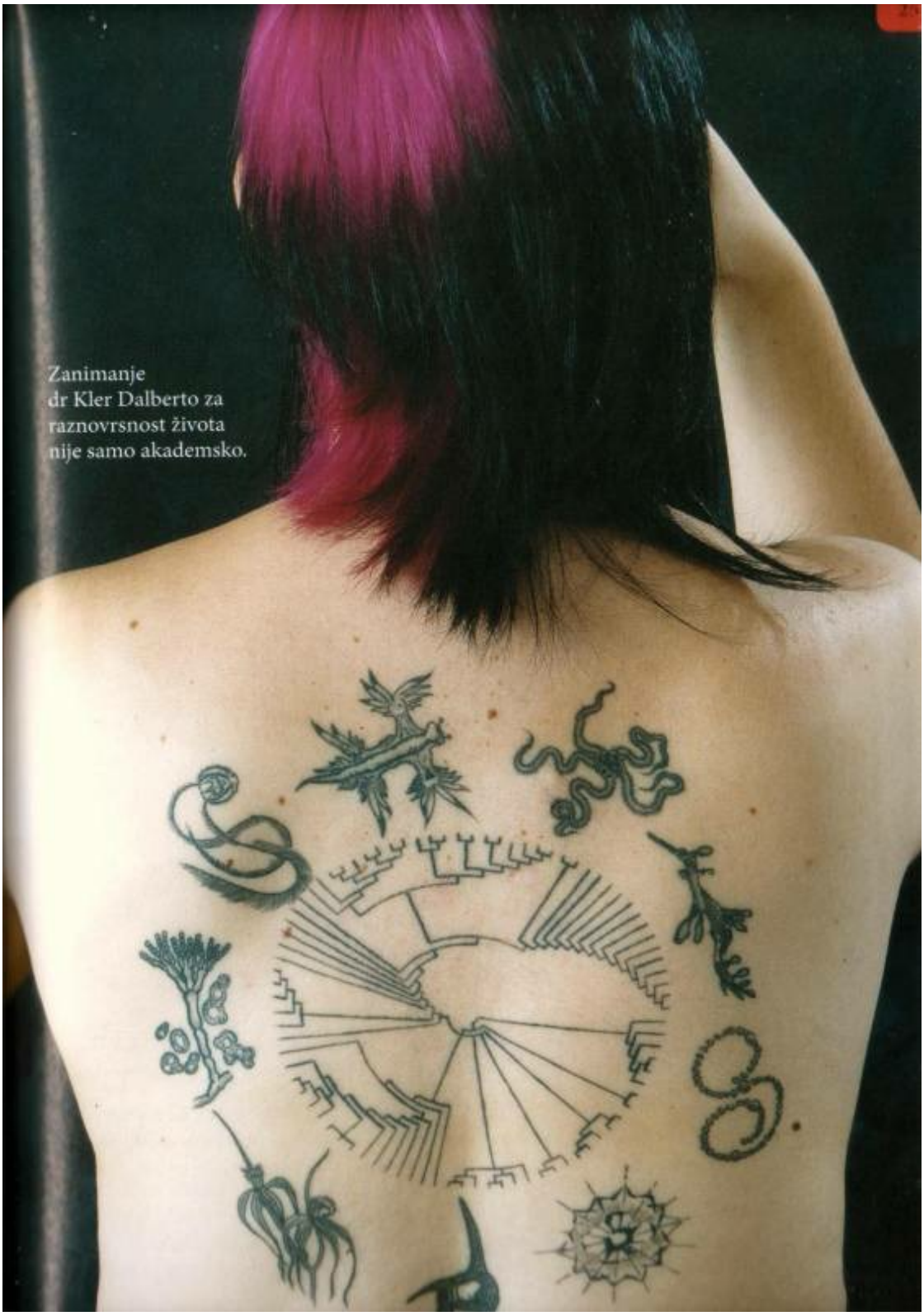
d

(**d**) Kljunar je preživela vrsta iz drevnih vremena kada su sisari na Gondvani još uvek

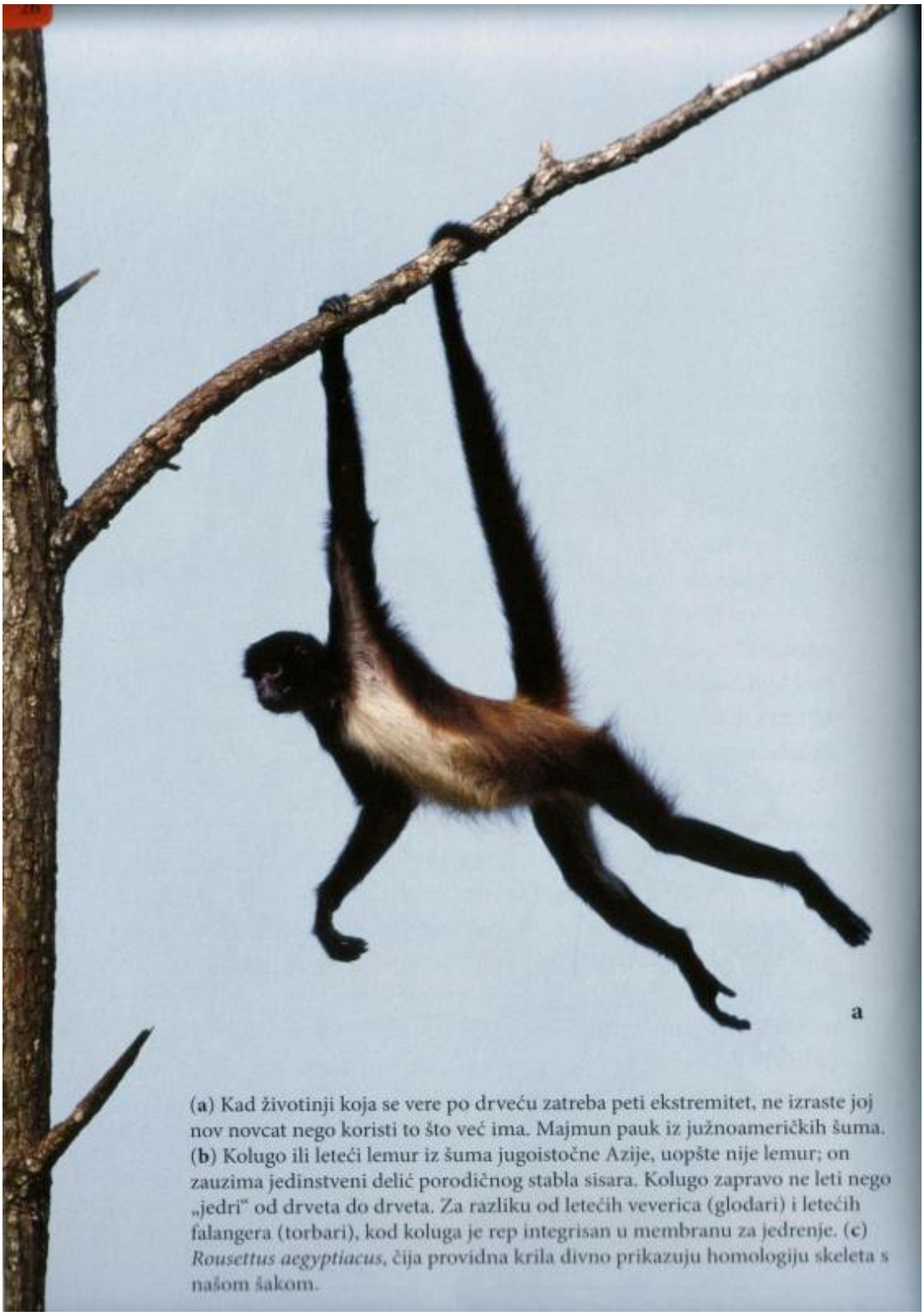
(e) Prstenastorepi lemur. Da je *Beagle* posetio Madagaskar umesto što se obreo u Galapagoskom arhipelagu, da li bismo danas govorili o Darvinovim lemurima?
(f) Da li bi drveće na Marsu bilo imalo neobičnije od ovog baobaba s Madagaskara?
(g) Verovatno moja najomiljenija vrsta na svetu: razigrana sifaka.



Nemojte se smejati ovoj plavonogoj bluni koja podiže stopala i kljun.

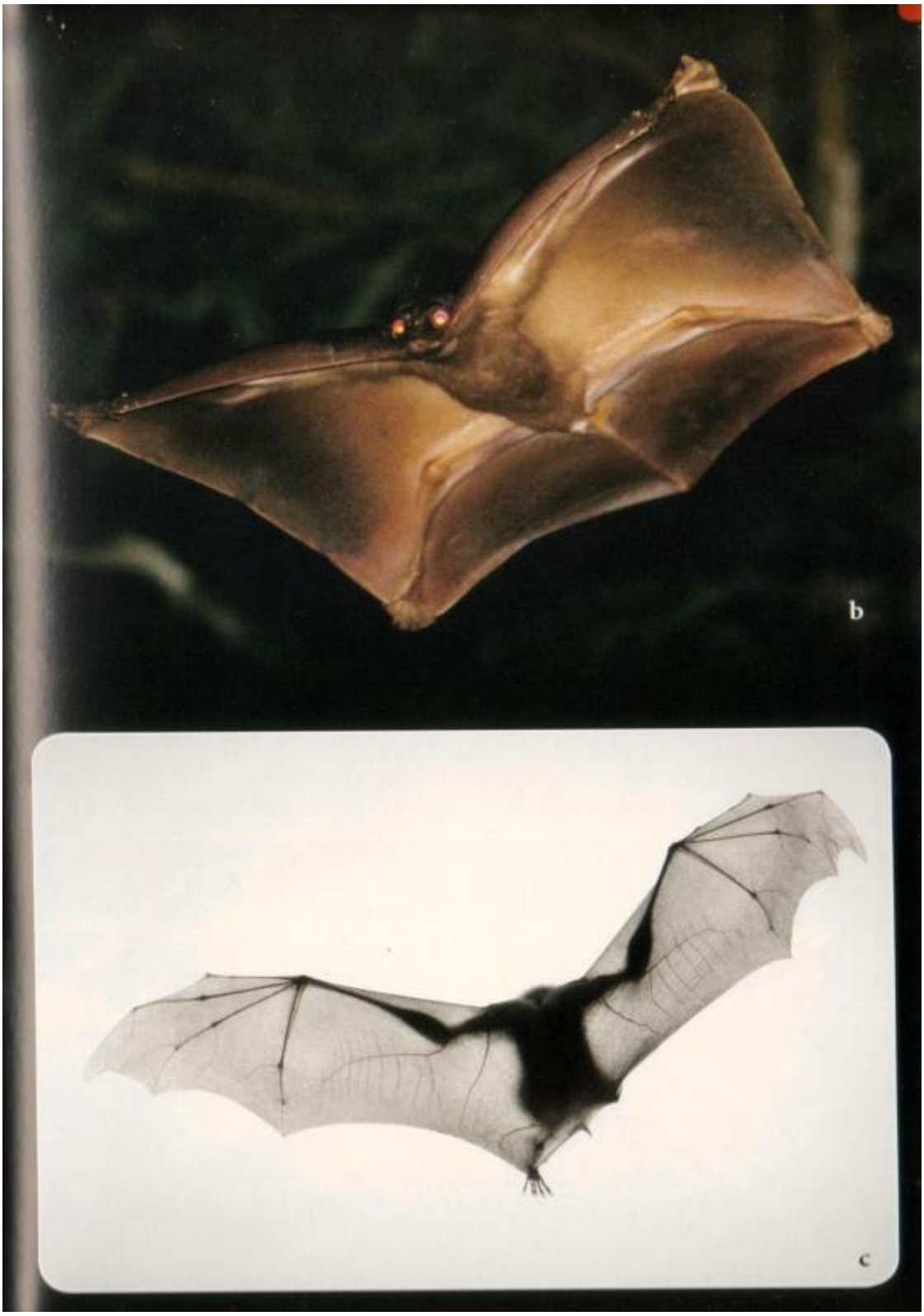


Zanimanje
dr Kler Dalberto za
raznovrsnost života
nije samo akademsko.



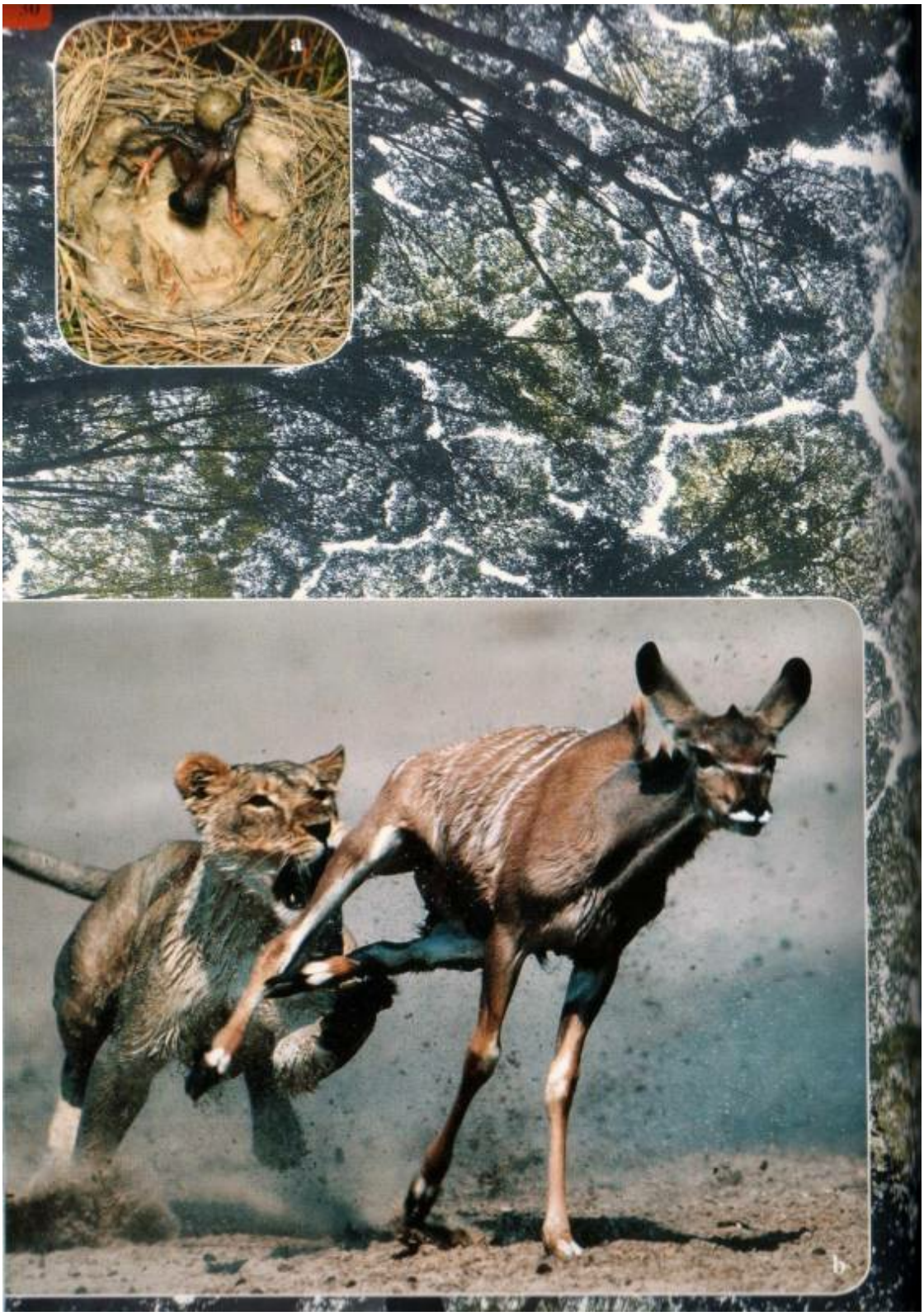
a

(**a**) Kad životinji koja se vere po drveću zatreba peti ekstremitet, ne izraste joj nov novcat nego koristi to što već ima. Majmun pauk iz južnoameričkih šuma. (**b**) Kolugo ili leteći lemur iz šuma jugoistočne Azije, uopšte nije lemur; on zauzima jedinstveni delić porodičnog stabla sisara. Kolugo zapravo ne leti nego „jedri" od drveta do drveta. Za razliku od letećih veverica (glodari) i letećih falangera (torbari), kod koluga je rep integrisan u membranu za jedrenje. (**c**) *Rousettus aegyptiacus*, čija providna krila divno prikazuju homologiju skeleta s našom šakom.

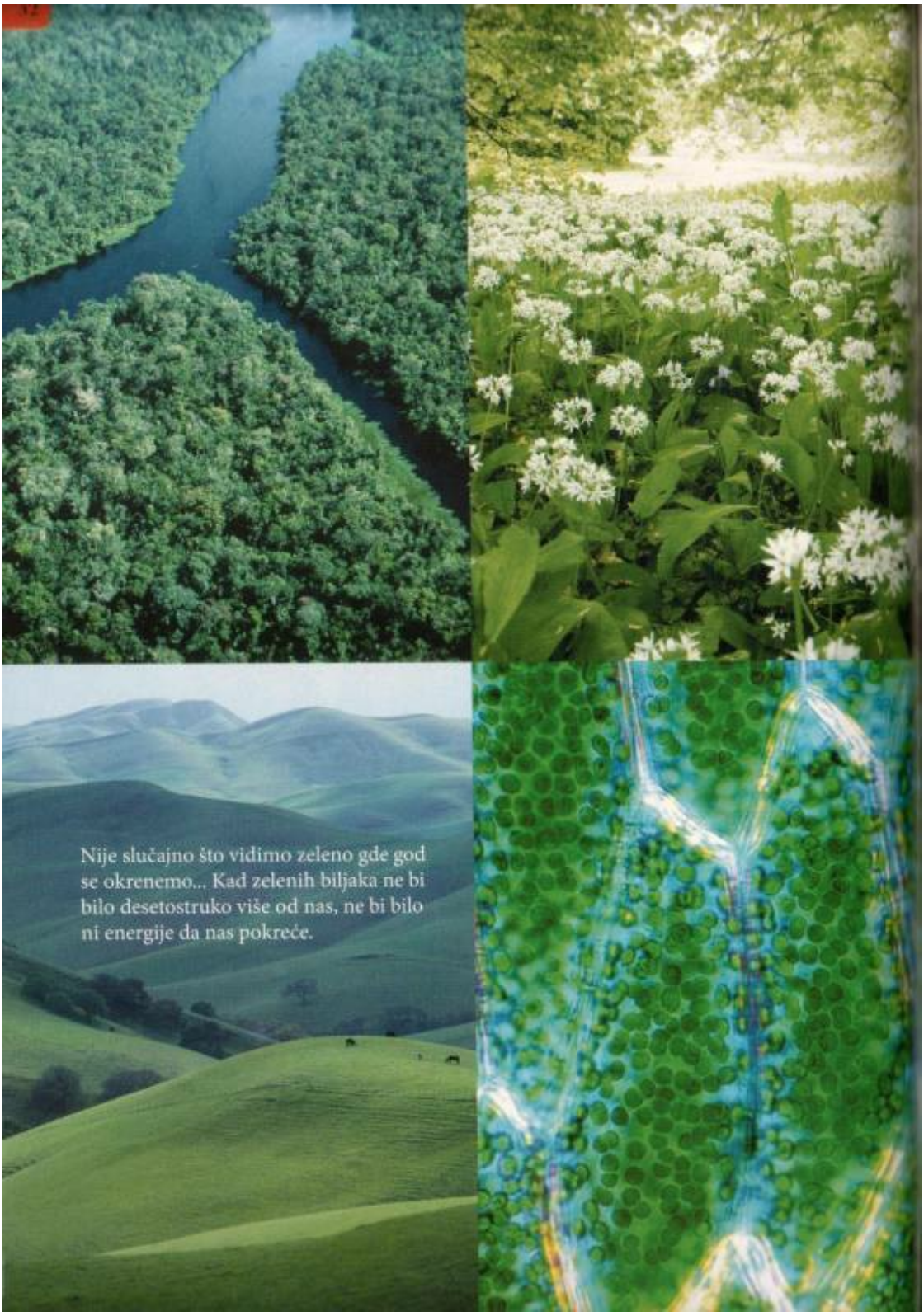

b
c

Zakržljala krila ptica neletača nedvosmisleno otkrivaju da one vode poreklo od letećih predaka. Nojevi (**a**) i dalje koriste krila, ali samo za održavanje ravnoteže i u socijalne svrhe. Galapagoski kormoran neletač (**b**) i dalje širi krila da bi ih osušio, kao i njegovi mnogo poznatiji leteći rođaci. On je izvrstan podvodni ribolovac (**c**) ali, za razliku od pingvina, dok pliva ne služi se krilima nego se žustro odguruje velikim stopalima s plovnom kožicom. (**d**) „Tužno je", rekao je Daglas Adams, „što izgleda da kakapo ne samo da je zaboravio da leti nego je i zaboravio da je zaboravio da leti. Očito ozbiljno zabrinuti kakapo ponekad će se uzverati uz drvo i skočiti s njega pa će poleteti kao cigla i stropoštati se na zemlju kao nezgrapna gromuljica."

(**e**) Pod zemljom, krila su teret i verovatno zbog toga ne rastu mravima radnicima. Snažnu potvrdu o tome nalazimo u činjenici da matice krila koriste samo u jednoj prilici, da odlete iz svog gnezda u potrazi za mužjakom; potom se skrase kako bi iskopale rupu za nov mravinjak. Kad započnu novi, podzemni život, one se prvo oslobode krila, u pojedinim slučajevima doslovno ih odgrizu. (**f**) Životinje koje obitavaju u pećinama, kao ovaj daždevnjak, vrlo često su bele. Ali, čak i ako ne koriste oči u mračnim pećinama, zašto su se „mučile" da ih smanje? Vidite tekst na strani 334. Obični delfini (**g**) nalikuju velikim, brzim ribama kakva je dorada, jer imaju slične životne navike.


a
b

Proizvodi evolucionih trka u naoružanju. (**a**) Mladunče kukavice instinktivno ubija ptića iz hraniteljskog gnezda pre nego što se izlegne da se s njim ne bi nadmetalo za hranu. (**b**) Ovaj kudu je izgubio svoju trku s lavicom i njegov će se život uskoro okončati, ali u evolucionom vremenu još uvek traje trka u naoružanju između genskih fondova te dve vrste. (**c**) Parazitska osa polaže jaja u gusenicu, a larve ose, pune života, prenose svoje gene na sledeću generaciju. (**d**) U ekonomiji šume, svetlost je dragocena sirovina. Malo biljnog sveta uspeva pod krošnjama stabala, jer su gusto pribijene i između njih gotovo da nema praznog prostora.


Nije slučajno što vidimo zeleno gde god se okrenemo... Kad zelenih biljaka ne bi bilo desetostruko više od nas, ne bi bilo ni energije da nas pokreće.

Zabilješke

[←1] Ovaj Jejtsov redak nije mi među omiljenima, ali paše u ovom slučaju.

[←2]

Ovo nije Mejrova fraza, ali odslikava njegovu ideju.

[←3]

Ko ih ne bi voleo kad su tako dobri drugari?

[←4]

Ovo bi bilo potpuno tačno u modelu genetike koji je postavio Mendel. A taj model su sledili svi biolozi do Votson-Krikove revolucije 1950. godine. On je *skoro sasvim* tačan, ali ne i potpuno, jer sada znamo da su geni dugi delovi DNK. Za svaku drugu praktičnu svrhu, Mendelov model genetike možemo smatrati tačnim.

[←5]

Na farmi na kojoj sam proveo detinjstvo imali smo jednu naročito buntovnu i agresivnu kravu, zvala se Aruša. Aruša je imala „ličnost” i to je pravilo problem. Jednoga dana čobanin, gospodin Evans, skrušeno je primetio: „Sve mi se čini kao da je Aruša nastala ukrštanjem bika i krave.”

[←6]

Postojana je, ali lažna glasina da je Darvin imao ukoričenu kopiju nemačkog časopisa u kome je Mendel objavljivao svoje rezultate ali da su relevantne stranice pronađene nerazrezane (samim tim i nepročitane) nakon Darvinove smrti. Ovaj mem verovatno vodi poreklo od činjenice da je Darvin imao knjigu *Die Pflanzen-mischlinge* autora V. O. Fokea. Foke je na jednom mestu pomenuo Mendela a stranica na kojoj je on to učinio zaista je nerazrezana u Darvinovom primerku. Foke ni na koji način ne ističe Mendelov rad i ne pruža dokaz da je razumeo njegov dubok značaj, tako da nije izvesno da bi Darvin preuzeo Mendelove ideje čak i da je razrezao odgovarajuću stranu. U svakom slučaju, Darvin nije dobro znao nemački. Da je zaista pročitao Mendelov rad, istorija biologije bila bi sasvim drugačija. Pitanje je da li je čak i sam Mendel sasvim razumeo koliko su značajni njegovi rezultati. Da jeste, mogao je da piše Darvinu. U samostanu u Brnu, gde je obitavao Mendel, u biblioteci sam uzeo Mendelov vlastiti primerak *Postanka vrsta* (na nemačkom) i video njegove beleške na marginama što ukazuje da je knjigu pročitao.

[←7]

Počev od radova Godfrija Hardija, dražesnog i ekscentričnog ljubitelja kriketa i matematičara, objavljenih 1908. godine, i nezavisnih dela doktora Vilhelma Vajnberga iz Nemačke, teorija je dostigla vrhunac u radovima velikog genetičara i kritičara Ronalda Fišera i, takođe većim delom nezavisno, njegovih kolega i suosnivača populacione genetike, Džona Holdejna i Sjuela Rajta.

[←8]

Pasmina s pljosnatom njuškom. (*Prim. prev.)*

[←9]

Svaki „cvet” iz familije glavočika zapravo se sastoji od mnogo manjih cvetova (cvetića) skupljenih u središnjem tamnom disku. Žute latice koje okružuju suncokret zapravo su latice samo cvetića sa oboda. Cvetići u ostatku diska imaju latice ali one su premale pa ih ne opažamo.

[←10]

Možda zbog toga što suncokret - budući da je biljka iz Novog sveta - nije eksplicitno pomenut u Bibliji. Teološki um ushićuju detaljni propisi u ishrani i pronicljivost kako bi se oni izvrdali. U Južnoj Americi je kapibara (vrsta džinovskog morskog praseta) počasno proglašena za ribu zbog katoličkih propisa o ishrani petkom, verovatno zato što živi u vodi. Doris Rejnolds, koja piše o nutricionizmu, kaže da su francuski katolici i sladokusci otkrili rupu u propisima koja im je omogućila da jedu meso petkom. Umoče jagnjeći but u bunar i potom ga „upecaju”. Mora da misle kako je baš lako nasamariti Boga.

[←11]

Oliver Morton razmatra ova i srodna pitanja u provokativnoj, lirskoj knjizi *Jedenje Sunca (Eating the Sun*).

[←12]

Barem nema razloga da pomislimo kako u tome uživaju ili da zapravo u bilo čemu uživaju, ako se uživanje tumači kako je nama blisko. Vratiću se ovom večitom iskušenju u poglavlju 12.

[←13]

Koja su pak nazvana po „mnoštvu pasa ogromnog rasta” pomenutih u Plinijevoj knjizi *Prirodnjačka istorija.*

[←14]

Na primer, osobina ovčarskih pasa da čuvaju stado potiče od osobine vukova da gone plen, samo što na kraju izostaje ubijanje.

[←15]

Ova priča se odnosi samo na ženku grdobine, ali to ne utiče na argument koji iznosim. Mužjaci su obično krhki patuljci koji se poput parazita kače na tela ženki pa izgledaju kao dodatno peraje.

[←16]

Poznata *novinarska patka* da je Hitlera inspirisao Darvin potiče delom iz činjenice da su i Hitler i Darvin bili impresionirani onim što su vekovima svi znali: uzgajanjem životinja mogu se dobiti željene osobine. Hitler je žudeo da ovo opšte znanje primeni na ljudsku vrstu. Darvin nije. Njega je nadahnuće odvelo u mnogo zanimljiviji i originalniji pravac. Darvinovo veliko otkriće bilo je: za odgajanje uopšte ne treba posrednik. Priroda - puko preživljavanje ili diferencijalni reproduktivni uspeh - može imati ulogu odgajivača. Što se tiče Hitlerovog *socijalnog Darvinizma* - njegovog verovanja u borbu rasa - ono je, zapravo, vrlo *ne*darvinističko. Darvin je borbu za opstanak tumačio borbom između jedinki unutar vrsta, a *ne* između vrsta, rasa ili drugih grupa. Ne dozvolite da vas dovedu u zabludu nespretno izabran i nesrećan podnaslov Darvinove značajne knjige *Održavanje povlađivački rasa u borbi za život.* Više je nego jasno iz samog teksta da Darvin nije mislio na rase u značenju „grupa ljudi, životinja ili biljaka povezana zajedničkim poreklom ili opstankom" (*Oksfordski rečnik engleskog jezika,* definicija 6.1). Darvin je pre mislio na nešto poput definicije 6.11 iz *Oksfordskog rečnika:* „Grupa ili klasa ljudi, životinja ili stvari koja ima zajedničku osobinu ili osobine". Primer značenja prema objašnjenju 6.II bio bi: „Sve jedinke (nezavisno od njihove geografske rase) s plavim očima". U formalnom jeziku genetike, kojeg nije bilo u Darvinovo vreme, značenje rase u njegovom podnaslovu iskazali bismo kao „sve jedinke koje imaju određene alele". Ovo pogrešno shvatanje darvinističke borbe za opstanak kao borbe između grupa jedinki - takozvana zabluda o grupnoj selekciji - nije, nažalost, ograničeno samo na hitlerovski rasizam već stalno izbija na površinu u amaterskim i pogrešnim interpretacijama darvinizma, pa čak i među pojedinim profesionalnim biolozima koji bi trebalo da znaju više.

[←17]

Psiholozi analognim testovima ispituju načine preuzimanja rizika kod ljudi i uočavaju zanimljive razlike. Preduzetnici obično pokazuju visok skor kada se meri spremnost na preuzimanje rizika, kao i piloti, alpinisti, motociklisti-trkači i entuzijasti u drugim ekstremnim sportovima. Žene su sklonije izbegavanju rizika od muškaraca. Feministkinje bi ovde istakle da bi se strelica kauzalnosti mogla pomeriti i u drugom smeru: žene su postale sklonije izbegavanju rizika zbog preokupacije na koje ih je društvo nateralo.

[←18]

Ja sam sunčanik i nevešt sam sat Časovnik s klatnom mi je precizniji brat *(Hilari Belok)*

[←19]

Najverovatnije zato što zbog evolucione slučajnosti imamo deset prstiju. Fred Hojl je genijalno zaključio kako bi čovečanstvo, da su se ljudi rađali sa osam prstiju i bili naviknuti na oktalnu aritmetiku umesto na decimalnu, čitav vek ranije otkrilo binarnu aritmetiku a time i elektronske računare (pošto je 8 stepen broja 2).

[←20]

Popularna legenda da je Dmitrij Mendeljejev na ideju o periodnom sistemu hemijskih elemenata došao u snu, verovatno nije tačna.

[←21]

Predočite to sebi na sledeći način: zamislite sve moguće prave linije. Za svaku liniju, izračunajte koliko je približna dobijenim rezultatima tako što ćete izmeriti udaljenost od svake tačke redom, i sabrati te razmake (pošto ih podignete na kvadrat, iz opravdanog matematičkog razloga koji bi nas odviše skrenuo od teme). Linija s *najmanjim* zbirom kvadrata svih razmaka od tačaka do linije biće podešena regresivna linija. Po njoj pratimo trend, a da nam gomila pojedinačnih tačaka ne odvlači pažnju. Posebnim proračunima statističari utvrđuju koliko je neka linija *pouzdana* kao indikator trenda. Ti proračuni nazivaju se testovi statističke značajnosti i ispituju se na opseg rasutosti tačaka oko linije.

[←22]

Dvaput duže, ukoliko su gušteri sa ostrva Pod Kopište evoluirali istom brzinom od zajedničkog pretka od pre trideset sedam godina.

[←23]

Naš kršni rođak *Paranthropus boisei* („Krcko Oraščić”) ima iste takve odlike lobanje i zuba koje su slične odlikama kod gorile, što ukazuje na to da je gotovo izvesno bio vegetarijanac.

[←24]

To nije površna metafora, jer vilinski prstenovi pečuraka imaju takav oblik iz istog razloga.

[←25]

Sećate li se prave linije najpodesnije za podatke o opadanju veličine slonovskih kljova u periodu od 1925. do 1958? Objasnio sam da se ta linija dobija pomoću metode u kojoj se ispituju sve moguće prave linije i pronalazi se ona sa najmanjim zbirom kvadrata udaljenosti od tačaka. Ali ne moramo se u tom postupku ograničiti samo na prave linije. Možemo ispitati sve moguće krive određenog, matematički definisanog tipa. Jedna takva kriva je i hiperbola. U ovom slučaju, redom ćemo ispitati sve moguće hiperbole, tako što ćemo izmeriti udaljenost između krive i svake tačke, a potom sabrati kvadrate dobijenih vrednosti. Pošto ponovimo postupak za sve hiperbole, odabraćemo krivu s najmanjim zbirom. Lenski je posle skraćene verzije tog opširnog postupka dobio najpodesniju hiperbolu koja je prikazana na slici.

[←26]

Stepenasta evoluciona promena može se očekivati kod stvorenja poput bakterija koja se (uglavnom) ne razmnožavaju seksualnim putem. Kod životinja kao što smo mi. koje se razmnožavaju isključivo seksualno, nije uobičajeno da evoluciona promena čeka da se pojavi ključna mutacija (protivnici evolucije s pretenzijama da deluju obavešteno često na taj pogrešan način shvataju evolucionu promenu). Populacije koje se razmnožavaju seksualnim putem već imaju pripravnu zalihu genskih varijacija. Iako nastale mutacijom u prošlosti, brojne genske varijacije često su zastupljene u genskom fondu u svakom trenutku - pomešane u seksualnoj rekombinaciji. Prirodna selekcija često deluje tako da promeni odnos između postojećih varijacija, i ne čeka da se dese ključne mutacije. S bakterijom koja se razmnožava aseksualno nije spojiva ni sama ideja o genskom fondu. Zato je kod bakterija realno očekivati promene u diskretnim koracima koje nisu svojstvene pticama, sisarima ili ribama.

[←27]

Na engleskom: kill - ubiti; fish - riba. *(Prim. prev.)*

[←28]

„Načuh nešto o nekakvoj vezi koja nedostaje, između ljudi i majmunčadi.” *(Prim. prev.)*

[←29]

Većina sumnja na paleontologa amatera Čarlsa Dosona, ali Stiven Džej Guld je zagolicao pažnju javnosti alternativnom teorijom po kojoj je to mogao biti Pjer Tejar de Šarden. Možda vam je poznat kao jezuitski teolog koji je za svoju knjigu, *Fenomen čoveka (The Phenomenon of Man)* dobio od Pitera Medavara najgoru kritiku svih vremena, objavljenu i u knjigama *Umeće rešivog (The Art of the Soluble*) i *Plutonova država* (*Pluto's Republic).*

[←30]

„Beskonačno” koristim u svakodnevnom, često zloupotrebljavanom, retoričkom smislu, da označim ogromnu količinu. Tačna vrednost jednaka je broju kombinacija druge klase u skupu svih vrsta - i toliko je velika da je slobodno možete smatrati beskonačnom!

[←31]

Atribut „dobro obrazovani” podsetio me je na lukavo zapažanje Pitera Medavara da je „masovnije srednjoškolsko i kasnije fakultetsko obrazovanje iznedrilo veliku populaciju ljudi, često s dobro razvijenim i znalačkim ukusima, koji su bili obrazovani mnogo iznad svojih mogućnosti da razmišljaju analitički” Neprocenjiva opaska, zar ne? Kad pročitam ovakve redove, poželim da izjurim na ulicu i pročitam ih prvom na koga naiđem jer previše su dobri da bih ih zadržao za sebe.

[←32]

Od reči „klada” koja označava grupu organizama za koju se smatra da obuhvata sve evolucione potomke zajedničkog pretka.

[←33]

Barem se zoolozi slažu u tome, i ja ću, u svrhu ovog izlaganja, i dalje koristiti ptice kao primer dobre klase. U nedavnim istraživanjima, otkriven je veliki broj fosila pernatih dinosaurusa - neko bi na osnovu toga mogao reći da pojedine današnje životinje koje nazivamo pticama nisu potomci iste grupe pernatih dinosaurusa kao ostale ptice. Ako se ispostavi da je najmlađi zajednički potomak svih današnjih ptica životinja koja se ne bi mogla svrstati u ptice, morao bih izmeniti svoju izjavu da ptice čine dobru klasu.

[←34]

Uzgred, takav gigantizam je, po jednoj pretpostavci, bio moguć zbog toga što je tad bilo više kiseonika u atmosferi. Insekti nemaju pluća, i dišu pomoću vazdušnih cevćica koje prenose vazduh po njihovom telu. Vazdušne cevčice ne mogu da formiraju tako složen distributivni sistem kao krvni sudovi, i možda je zbog toga ograničena veličina njihovog tela. Ta granica bi zbog 35% kiseonika u atmosferi bila viša nego u uslovima od samo 21% kiseonika u vazduhu koji danas udišemo. To je zadovoljavajuće objašnjenje za postojanje divovskih vilinih konjica, ali ne mora biti i tačno. Uzgred, kako to da, s tako velikim procentom kiseonika u vazduhu, nije bilo požara svaki tren? Možda i jeste. Šumski požari su zasigurno bili češći nego danas, a fosili ukazuju na veliku učestalost biljnih vrsta otpornih na vatru. Ne zna se tačno zašto je procenat kiseonika u atmosferi dostigao vrhunac tokom karbona i perma. Moguće je da to ima veze sa opsežnim prelaskom ugljenika pod zemlju, u vidu uglja.

[←35]

Kao oksfordski učitelj starog kova koji je smatrao kako je njegovo da podučava studente na osnovnim studijama, on ne bi opstao u današnjoj kulturi koja vrednuje po istraživačkim dometima. Bez obzira na jedva jedan objavljen članak, njegova zaostavština pohranjena je u generacijama zahvalnih učenika kojima je preneo svoju mudrost i barem deo svog neizmernog znanja.

[←36]

Rečeno mi je da ovo ime nema suvislo značenje na grčkom. Da je, namesto njega, ime *Progonochelys,* ono bi imalo smisla - značilo bi otprilike kornjača predak ili prvobitna kornjača - i sve mislim da su autori to i imali na umu kad su davali ime ovom rodu. Nažalost, pravila zoološke nomenklature su stroga, i čak se ni očigledne greške ne mogu poništiti pošto osvanu u publikaciji o klasifikaciji. Taksonomija obiluje takvim fosilizovanim greškama. Meni omiljena je *Khaya* (afrički mahagonij). Legenda (u koju bih tako rado poverovao) kaže da na lokalnom jeziku znači „Ne znam”, uz podrazumevani podtekst: „I nije me briga i zašto ne prestanete da postavljate glupa pitanja o imenima biljaka.”

[←37]

Njen spisateljski pseudonim bio je Isak Dinesen, ali ja volim da koristim njeno pravo ime, jer sam detinjstvo proveo blizu Karena, sela „podno Ngonga“, koje još uvek nosi njeno ime.

[←38]

Za razliku od bolesti koje često dobijaju ime po onima što su ih otkrili, pronalazači novih vrsta nikada ne *imenuju* vrste po sebi. To je zgodna prilika da biolog oda počast drugom biologu, ili, kao u ovom slučaju, sponzoru. Nije iznenađenje što je mom cenjenom kolegi, pokojnom V. D. Hamiltonu, nekoliko puta ukazivana takva čast. Verovatno jedan od najvažnijih Darvinovih naslednika u 20. veku, smešno žalosnog držanja poput A. A. Milneovog Sivka (naravno, ne mislim na jadnog Sivka u Diznijevoj verziji). Kada je Hamilton u jednoj ekspediciji brodio Amazonom, ujela ga je osa. Znajući da je bio vrstan entomolog, njegov saputnik ga je zapitao: „Bile, znate li ime te ose?" „Da", promrljao je sumorno Bil u svom najizrazitijem Sivkovom maniru. „Ona je, zapravo, dobila ime po meni."

[←39]

Rekoše mi da „Sve te blistave i predivne stvari” možda neće probuditi nostalgiju u mojih čitalaca kao kod mene. Reč je o anglikanskoj crkvenoj pesmi za decu koju je napisala gospođica S. F. Aleksander 1848. godine, i u kojoj lagodno uznosi lepote prirode (a, u jednom stihu, i politički statis quo) refrenom „Sve ih je stvorio Bog”. Predmet je izvrsne parodije koju je napisao Erik Ajdl, a izvodila ju je umetnička trupa Monti Pajton:

Sve stvari glupe i ružne Niska i zdepasta bića sva Sve stvari proste i gnusne Bog ih stvori tušta i tma.

Zmijicu svaku otrovnih zuba Sve žaoke osica On stvori taj zverski otrov On stvori njihova užasna krilca.

Sve stvari bolesne i kancerozne Sve veliko i malo zlo Sve stvari pogane i opasne Bog je stvorio sve to.

Svaku gadnu sipu Opakog stršljenčića svakog Ko stvori bockavog nestaška Ko stvori ajkule? Bog!

Sve stvari krastave i gnojave Sve boginje velike i male Trule, smrdljive i gangrenozne Bog ih stvori sve, bez šale.

[←40]

Napomena stručnjacima koji su spona između biologa i računarskih eksperata: Čarls Simonji, istaknuti programer, pročitavši jednu od prvih verzija ovog poglavlja, ovako je to obrazložio: „... recept (za oko, mozak, krv itd.) mnogo je jednostavniji od sheme za to isto (što se tiče potrebnih bitova ili baznih parova) tako da bi evolucija bilo doslovno nemoguća (u periodu kraćem od 10^100 godina), posebno zato što male varijacije u shemi najverovatnije ne bi imale nikakav pozitivan efekat, za razliku od varijacija u receptu". Aludirajući na moje kompjuterske biomorfe i artromorfe (videti poglavlje 2), dr Simonji nastavlja: „Veštačka bića koja si programirao za *Slepog časovničara* i *Uspon Planinom neverovatnosti,* redom su opisana uputstvima (receptima), a ne shemom - shema bi bila samo zbrka vektorskih linija - zamisli kako bi to bilo kada bi pokušao da se igraš evolucije s njima, menjajući početnu i krajnju tačku jednog po jednog vektora ili čak parova vektora?" Od osobe koju je Bil Gejts opisao ni manje ni više nego kao „jednog od najvećih programera svih vremena", i mogli smo da očekujemo takvo, tačno zapažanje o kompjuterskim biomorfima, a izvesno ima pravo i za žive organizme.

[←41]

Nažalost, reč epigeneza se može pobrkati s rečju epigenetika, pomodnim izrazom trenutno popularnim među biolozima. Šta god značio termin „epigenetika” (a njeni pobornici nisu ni sami sigurni u njeno značenje, a kamoli međusobno složni o tome), na ovom mestu samo ističem da nije isto što i epigeneza.

[←42]

Procedura „Bottom-up“ - spajanje podsistema u sistem; procedura „top-down“ - razlaganje sistema na podsisteme. (*Prim. prev.)*

[←43]

Moj kolega, doktor Kristofer Tajerman, istoričar srednjeg veka, potvrdio mi je da je to odista samo mit, nastao u viktorijanskoj eri iz idealističkih pobuda, i da u njemu nikad nije bilo ni trunke istine.

[←44]

Invaginirati: „uviti se ka unutra tako da se formira šupljina”, „uvrnuti se ili se dvaput saviti u sebe” *(Skraćeni oksfordski rečnik engleskog jezika)*.

[←45]

Pomama je uminula, ali pedesetih godina se ponovo javila u toj školi, proširivši se kao druga epidemija iste bolesti.

[←46]

Uzgred, priča je sama po sebi fascinantna. Raspirivala je moju maštu još otkad je veliki kembrički fiziolog Džozef Nidam (stručan u raznim oblastima, poznatiji je bio kao vodeći stručnjak za istoriju kineske nauke) došao na moj koledž da nam je demonstrira, na poziv svog nećaka koji je, igrom slučaja, u to vreme bio naš nastavnik-pripravnik: blagodet nepotizma na kojoj ću biti večno zahvalan. Prateći uputstva doktora Nidama, gledali smo pod mikroskopom kako se mišićna vlakna, kao omađijana, skraćuju u dodiru s kapljicom adenozin 3-fosfata, univerzalne energetske valute tela.

[←47]

Ovo zapažanje treba uzeti sa rezervom. Geni izvesno jednoznačno određuju sekvencu aminokiselina, ali veza između sekvence amino-kiselina i trodimenzionalnog oblika proteina nije jednoznačna, i to je veoma važno. Pojedine sekvence amino-kiselina mogu da definišu dva alternativna trodimenzionalna oblika. Na primer, proteini pod imenom prioni imaju dva stabilna oblika. To su međusobno isključive alternative bez stabilnih međustanja: mogli bi se uporediti s prekidačem za svetlost koji ima dva stabilna položaja - oboren nadole i oboren nagore - ali ne može dospeti u neko stanje između njih. Takvi „prekidači proteini" mogu biti vrlo štetni ili korisni. Prioni su, u alternativnom obliku, katastrofalno štetni. U slučaju „kravljeg ludila", koristan protein u mozgu (standardna komponenta ćelijske membrane u normalnim okolnostima) ima alternativni oblik - alternativni način da se uvije u auto-origami. Taj alternativni oblik obično se nikad ne sreće, ali ako se pojavi u jednom molekulu, tera susedne molekule da ga slede: oni ga kopiraju i preobražavaju se u taj alternativni oblik. Poput talasa domina koje se ruše ili nepažljivog širenja glasine, alternativni oblik priona širi se po mozgu s katastrofalnim posledicama po kravu - ili po čoveka, u slučaju Krojcfelt-Jakobove bolesti, ili po ovcu obolelu od ovčije varijante spongiformne encefalopatije (engl. *scrapie).* Ali ponekad ima koristi od molekula sposobnih da auto-origamijem stvore alternativne oblike. Divan primer za to opet nam je metafora s prekidačem za svetlo. Rodopsin, protein u našim očima odgovoran za osetljivost na svetlo, sadrži komponentu zvanu retinal (nije protein) koja će, pogodi li je foton, preći iz glavne stabilne konfiguracije u alternativnu konfiguraciju. Brzo će se vratiti u prvobitno stanje poput prekidača za svetlo sa ugrađenim tajmerom radi uštede, ali mozak je, u međuvremenu, već registrovao promenu: „Detektovana svetlost u toj i toj tački." Predivna knjiga Žaka Monoa, *Slučaj i nužda, (Okance and Necessity),* posebno je dobro štivo o takvim bistabilnim prekidačem molekulima.

[←48]

„Then worms shall try“. Stih iz pesme Endrua Marvela „To His Coy Mistress” („Sramežljivoj gospi”), iz 17. veka. *(Prim. prev.)*

[←49]

U originalu, „O frabjous day!“. Stih iz pesme „Blablarija“ („Jabberwocky“) iz knjige „Alisa s one strane ogledala” Luisa Kerola. Primer je „nonsens” poezije koja se poigrava s jezičkim konvencijama i gramatičkim i semantičkim pravilima. U tom smislu, reč „frabjous” je verovatno kombinacija reči „fair” (lep), „fabulom” (basnoslovan) i „joyous“ (radostan). (*Prim. prev.)*

[←50]

Prednji kraj prvobitne ćelije *Caenorhabditisa* zvane Z, razlikuje se od zadnjeg i diferencijacija se dešava upravo po toj uzdužnoj osi - na anteriorni (prednji) i posteriorni (stražnji) deo. Nakon deobe, prednja ćerka ćelija, zvana AB, imaće više hemijskih supstanci karakterističnih za prednji deo nego stražnja ćerka ćelija, zvana P1, a ta razlika će se u nizu daljih deoba povećavati. Ćerki AB suđeno je da izrodi znatno više ćelija od polovine ćelija tela, uključujući i veći deo nervnog sistema; ipak, neću se više baviti njome. Ćerka P1 ima dvoje dece koja se takođe razlikuju među sobom, a to su EMS (gradi ventralnu, odnosno trbušnu, stranu crva) i P2 (gradi dorzalnu stranu crva). Ta dva deteta unuci su ćelije Z (izrazima „deca" i „unuci" nazivam ćelije embriona u razvoju, ne pojedinačne crve). EMS potom dobija dvoje dece zvane E i MS, dok P2 ostavlja za sobom dve ćerke - C i P3. E, MS, C i P3 su praunuci ćelije Z (koja ima još praunuka, od kćerke AB, ali njih neću nabrajati, samo ću napomenuti da dva od njih - ABal i ABpl - čine levu stranu budućeg crva, dok njihovi rođaci ABar i ABpr tvore desnu stranu budućeg crva). P3 takođe ima dvoje dece, zvane D i P4, koja su čukununuci ćelije Z. I MS i C imaju decu, ali neću ih ovde imenovati. Sudbina ćelije P4 je da izrodi liniju zametka koja ne učestvuju u izgradnji tela, već daje reproduktivne ćelije. Očito nema potrebe da pamtite ili beležite ove nazive ćelija. Bitno je shvatiti da se ćelije, iako genetički identične, razlikuju po hemijskom sastavu, a ta razlika je kumulativna i tokom niza ćelijskih deoba unutar embriona postaje sve izrazitija.

[←51]

Salston, koji je posle Brenerovog odlaska u Ameriku ostao na Kembridžu, član je trojke koja je za istraživački rad o *Caenorhabditisu* dobila Nobelovu nagradu. On je postao rukovodilac britanskog sektora zvaničnog Projekta ljudski genom, dok je na čelu američkog odeljka prvo bio Džejms Votson, a potom Fransis Kolins.

[←52]

Anteriorni (prednji), posteriorni (zadnji), dorzalni (leđni), ventralni (trbušni), levi, desni. (*Prim. prev.)*

[←53]

Zvonar je lik iz humoristične pesme Luisa Kerola, *Lov na snarka*, o „nemogućem putovanju, neverovatne posade u lovu na nezamislivo stvorenje”. Stihovi su iz iste pesme. (*Prim. prev.)*

[←54]

Citati u ovom i 13. poglavlju preuzeti su iz srpskih i hrvatskih prevoda Darvinovih knjiga *Postanak vrsta*, *Čovekovo poreklo* i *Putovanja jednog prirodnjaka oko sveta. (Prim. prev.)*

[←55]

Putovanja jednog prirodnjaka oko sveta. Viktorijanski prirodnjaci su bili skloni iznošenju ove vrste vrednosnih sudova u svojim knjigama. Moji baka i deka su imali knjigu o pticama u kojoj odrednica o kormoranu započinje otvoreno: „Nema se šta reći o ovoj žaljenja vrednoj ptici”.

[←56]

Čini se da na ostrvima važi pravilo: velike životinje postaju manje (na primer, na mediteranskim ostrvima, Sicilija i Krit postojali su patuljasti slonovi, visine ovećeg psa), a male životinje postaju veće (kao galapagoske kornjače). Postoji nekoliko teorija kojima se objašnjava ova divergentna tendencija, ali zalaženje u detalje bi nas previše skrenulo s teme.

[←57]

Ove delove, o džinovskim kornjačama, preuzeo sam iz članka koji sam pisao ploveći Galapagoskim arhipelagom na brodu zvanom *Bigl* (ne onom pravom - on, nažalost, već odavno ne postoji). Objavljen je u listu *Guardian* 19. februara 2005.

[←58]

Poput savremene „teorije” evolucije, koja se u uobičajenom značenju te reči odnosi na ustanovljenu činjenicu, tj. na prvu definiciju reči teorija iz Oksfordskog rečnika engleskog jezika, koju sam citirao u prvom poglavlju i preimenovao u teorum.

[←59]

Avaj, Holms to nikada nije rekao (kao što ni Berns nikad nije napisao „za ljubav dobrih starih dana”, nego „za dobre stare dane”), ali aluzija „pali”, pošto svi misle da jeste.

[←60]

Zbilja, zbog fizičkih zakona, ptice velike poput slonovske ptice uopšte nisu u stanju da se vinu u vazduh i lete, bez obzira na širinu raspona krila. Mišići neophodni za pokretanje tako masivnih krila trebalo bi da budu tako veliki pa ne bi mogli podići sopstvenu težinu.

[←61]

To je vrlo zadivljujuća slika: Južna Amerika i Afrika se udaljavaju brzinom većom od one koju čovek postiže plivajući, pa tako četrdeset dana u kontinuitetu.

[←62]

Možda će vas začuditi to da konji potiču iz Severne Amerike, jer je opšte poznato da je američke starosedeoce zaprepastio prizor evropskih osvajača na konjima. Istina je da se evolucija konja najvećim delom odigrala u Americi. Odatle su se konji proširili na ostatak sveta, kratko (po geološkim merilima) pre nego što su izumrli u Americi. To su američke životinje koje je na američko tlo ponovo doveo čovek.

[←63]

Kod sisara je to jedna kost. Donja vilica reptila je mnogo složenija. Za nju je vezana neverovatna priča koju sam nevoljko izostavio iz ove knjige (ne možete imati sve). U zadivljujućem činu evolucionog opsenarstva, manje kosti donje vilice reptila pridružile su se uhu i tu se formirao izuzetno delikatan most preko kog se zvuk prenosi od bubne opne do unutrašnjeg uha.

[←64]

U engleskom jeziku sve više se upotrebljava naziv „wildebeest“, poreklom iz holandskog. Nastojim da se i dalje upotrebljava naziv gnu jer ako se sasvim izgubi onda ni šaljiva pesmica Flandersa i Svona više neće imati smisla. („Gnor am I in the least / Like that dreadful hartebeest / Oh gno gno gno, I’m a gnu!”)

[←65]

Pretpostavljam da su moji čitaoci bolje upućeni nego pisac (ili pisci) Knjige Levitske, po kome su slepi miševi ptice. U glavi U, u stihovima 13-19 nabrajaju se ptice koje treba smatrati ogavnim, počev od orla kome se pridružuju „i roda i čaplja po svojim vrstama, i pupavac i ljiljak”. Drugo je pitanje zašto je bilo potrebno proglasiti neke životinje gnusnim. Takvo shvatanje je postojalo u mnogim religijama.

[←66]

Kao mogući primer pozajmljivanja DNK, biolozi su često navodili da biljke pozajmljuju hemoglobin iz životinjskog sveta. Koreni biljaka iz porodice mahunarki (*Leguminosae*) imaju čvoriće preko kojih je biljkama dostupan azot iz atmosfere. Zato poljoprivrednici često poseju mahunarke, kao što su detelina i grahorica, kad smenjuju useve. Tako zemljište dobija dragoceni azot, naročito od deteline. Čvorići su crvenkasti jer sadrže jedan oblik hemoglobina, sličan molekulu prenosiocu kiseonika od koga je naša krv crvena. Geni za proizvodnju hemoglobina nalaze se u genomu biljke, ali ne i u bakterijskom genomu. Hemoglobin je bitan za bakterije kojima treba kiseonik, i može se posmatrati kao deo nagodbe između bakterija i biljaka: bakterije obezbeđuju biljkama koristan azot, dok biljke daju bakterijama smeštaj i koristan kiseonik koji isporučuju preko hemoglobina. Pošto smo navikli da povezujemo hemoglobin s krvlju, bilo je prirodno zapitati se je li gen koji je odgovoran za njegovo stvaranje pozajmljen iz životinjskog genoma, i jesu li ga možda prenele bakterije. Istina, takvu ideju bi vredelo pozajmiti. Ali ma koliko bila privlačna zamisao o toj velikoj transfuziji krvi, iz dokaza molekularnih biologa vidi se da su hemoglobini prastari stanovnici biljnih genoma. Oni nisu pozajmljeni. Tamo su još od davnih dana.

[←67]

Malo je poznata činjenica da su neki dinosaurusi imali ganglion u karlici, toliko veliki (najmanje koliko i mozak) da je gotovo zavredeo da ga nazovemo drugim mozgom. To je nadahnulo američkog komediografa Berta Lestona Tejlora (1866-1921) da napiše ove duhovite stihove:

Dinosaurusa evo golema slika,
Čuvenog preistorijskog lika,
Beše poznat po snazi i veličini,
Ali i po intelektualnoj dužini.
Opazićete iz ovih ostataka Imao je mozgova, komada dva - Jedan u glavi (gde mu je i mesto),
Drugi u dnu kičme, a tamo nije često,
Tako je mogao misliti A priori A nije se libio ni A posteriori.
Pred problemima se nije zgražavao,
Glavom ili repom - sve je rešavao.
Tako pametan, mudar i ozbiljan je bio,
Kičmeni stub punila mu je svaka misao.
Kad bi jedan mozak pritisak osetio Drugi bi odmah u pomoć priskočio.
Ako bi prednji mozak štogod propustio Zadnji bi problem namah rešio.
Kad bi se prednji u grešku upetljao Zadnji bi mu spasonosnu misao poslao.
Duplo bi razmislio i onda progovorio Pa nikad zbog procene nije zažalio.
Mogao je misliti a da se ne pretovari O svim aspektima svake stvari.
Zamislite se nad ovom zveri,
Što već deset miliona godina ne postoji.

[←68]

U svetu naučnika, Darsi Tompson je bez sumnje među najvećim eruditama svih vremena. Pisao je na divnom engleskom koji je odavao njegovo aristokratsko poreklo, objavljivao je radove iz oblasti matematike i latinskog jezika, te predavao nauku o prirodi na najstarijem škotskom univerzitetu. Uza sve to, knjige su mu bile prepune citata, a on je smatrao da ih nema potrebe prevoditi (kako su se vremena promenila), pa ih je ostavljao na izvornom jeziku, latinskom, grčkom, italijanskom, nemačkom, francuskom, čak i provansalskom (sa ovog poslednjeg jezika udostojio je čitaoce prevoda na - francuski!).

[←69]

Strogo govoreći, dva oblika su homomorfna ako možete deformisati jedan kako bi se pretvorio u drugi a da ga ne slomite i da mu ništa novo ne dodate.

[←70]

Možda bi trebalo da budemo oprezni ako kažemo „svih živih stvorenja”. U ovom poglavlju, videli smo da je načelo „bez pozajmljivanja” gotovo sasvim prikladno u životinjskom i biljnom svetu, ali bakterije su poseban slučaj. Među bakterijama (i arhebakterijama, koje su samo površno slične bakterijama, ali su s njima u prilično dalekom srodstvu) ima mnogo zajedničkih gena. Dok se životinje sparuju kako bi razmenile DNK unutar vrsta, bakterije koriste sopstveni oblik kopiranja i umetanja da bi pronosile DNK, čak i između vrsta sa slabim rodbinskim vezama. Iako sam s pravom isticao da postoji „jedno istinsko stablo života” za životinje i biljke, stvari se komplikuju kad pređemo na mikroorganizme. Kao što je rekao moj kolega, filozof Den Denet, stablo života životinja je hrast koji se veličanstveno širi, dok je za bakterije to više smokva. Kad su bakterije u pitanju, moglo bi se govoriti o stvaranju „istinskog stabla života” za svaki gen zasebno, bez obzira na to u kojoj se vrsti bakterije sticajem okolnosti zatekao. Kako je to fascinantno. Kako bi Darvin uživao.

[←71]

Dok sam prvi put čitao knjigu *Matematička analiza na lak način (Calculus Mode Easy)* Slivanusa P. Tompsona, koju mi je preporučio moj deda inženjer, naježio sam se kad je pisac uveo broj *e,* napisan kurzivom, kao „broj koji se ne sme zaboraviti”. Jedna od posledica korišćenja broja *e* za faktor a ne, primera radi, broja 2, jeste to što možete možete izračunati darvine direktno - oduzećete prirodne logaritme jedan od drugog. Neki naučnici su predložili da jedinica za evolucionu brzinu bude *holdejn*

[←72]

Prozvali su me ultradarvinistom, a mene to mnogo manje vređa nego što misle oni koji su taj naziv skovali.

[←73]

Degenerativno nije isto što i redundantno (premda se ova dva izraza često brkaju). Redundantnost je još jedan tehnički pojam iz teorije informacija. Redundantni kod je onaj u kome se ista poruka prenosi više puta (na primer, u rečenici: „Ona je pripadnica ženskog roda”, poruka o rodu iskazana je triput). Redundanciju koriste inženjeri kao zaštitu od grešaka pri prenosu informacija. U degenerativnom kodu koristi se više od jedne reči sa istim značenjem. U genetičkom kodu, na primer, i CUC i CUG kombinacije su kodona za istu amino-kiselinu, leucin, stoga mutacija iz CUC u CUG ne donosi nikakvu promenu, to jest ona je degenerativna.

[←74]

Veza s legendarnim sirenama možda se vidi u njihovoj navici koju dele sa slonovima, svojim kopnenim rođacima, da doje mladunce iz dojki na grudima. Možda su ih seksualno frustrirani mornari, koji su dugo boravili na moru, posmatrali izdaleka i pogrešno zaključili da su to žene. Morske krave se ponekad prozivaju kao krivci za legendu o sirenama.

[←75]

Larve predodređene da postanu matice hrane se specijalnim eliksirom koji iz žlezda na glavama ispuštaju radnice odgajateljice. Vrlo je bitno to da je razlika između matica i radnica uslovljena okruženjem a ne genetikom. Zašto je tako, detaljno sam obrazložio u *Sebičnom genu.*

[←76]

Da, troglobit, a ne troglodit, što se odnosi na nešto manje ekstremno.

[←77]

Ovo naročito važi za mutacije čije je dejstvo veće. Uzmimo za primer mašinu sa složenim mehanizmom, radio ili računar. Izazvali bismo veliku mutaciju kad bismo mašinu šutnuli ili iščupali kabl pa ga udenuli na pogrešno mesto. *Možda* bismo tako i poboljšali rad mašine, ali to je vrlo malo verovatno. S druge strane, *mala* mutacija bila bi kad bismo nešto malo doterali, recimo jedan otpornik. Što je manja mutacija, to se više verovatnoća poboljšanja približava vrednosti od 50 procenata.

[←78]

Omiljen je i mom kolegi Džeriju Kojnu. *Zašto je evolucija istinita (Why Evolution is* True) predstavlja divnu analizu tog primera, i ja je preporučujem zajedno s drugim njegovim odličnim knjigama.

[←79]

Prema Bojl-Mariotovom zakonu, pri nepromenljivoj količini gasa i datoj temperaturi, pritisak je obrnuto srazmeran zapremini. Nikada neću zaboraviti taj zakon, jer je mom razredu, 4B1, tu jednu jedinu lekciju predavao glavni školski profesor prirodnih nauka, Bandži. Zamenjivao je Baftija, našeg redovnog profesora fizike, a mi smo pogrešno pretpostavili da Bandžija možemo zadirkivati jer je bio užasno star (tako se nama činilo) i užasno kratkovid (što je bilo očigledno, pošto je svaku knjigu koju je čitao priljubljivao uz nos). U kakvoj smo zabludi bili! Tog popodneva skoro sve nas je zadržao na dopunskom času, a na samom početku časa naterao nas je da zapišemo u sveske: „Nastavna jedinica: naučiti 4B1 lepom ponašanju i Bojl-Mariotovom zakonu”.

[←80]

Ne treba ga pobrkati s drugim Australijancem. Majklom Demonom, miljenikom kreacionista koji ljupko prelaze preko činjenice da je u svojoj drugoj knjizi, *Sudbina prirode (Nature's Destiny),* odbacio svoj raniji anti-evolucioni stav ali je ostao teista.

[←81]

„U vojsci, imamo tri vrste drveća: jele, topole i žbunaste krošnje.” Stih iz pesme *Lekcije o ratu (Lessons of War)* Henrija Rida, dovitljive parodije na obuku u britanskoj vojsci u Drugom svetskom ratu. (*Prim. prev.)*

[←82]

Ako je nešto oksimoron, onda je to ova sintagma.

[←83]

Dva planinara beže ispred medveda. Jedan zastaje da obuje patike. „Jesi li lud”, kaže mu drugi. „Čak i u patikama nisi brži od grizlija”. „Od njega nisam, ali biću brži od tebe.”

[←84]

Iz pesme *Tigar* Vilijama Blejka, u nadahnutom prevodu Ranke Kuić. *(Prim. pre.)*

[←85]

Ili ona. Ovaj primer s lavovima komplikuje činjenica da pretežno love ženke, ali mužjaci u svakom slučaju dobijaju lavovski deo. Ne držite se striktno lavova iz mog hipotetičkog primera, već imajte na umu predatore uopšte i zamislite razborite primerke koji se uzdržavaju od prekomernog lova i nerazborite koji krše dogovor.

[←86]

Naklapanja o reviziji darvinističkih shvatanja često padaju na pogrešnoj pretpostavci (koja se ne iznosi eksplicitno i stoga je još opasnija) da evolucija razmišlja unapred. Sidnija Brenera, heroja odeljka o *Caenorhabditisu* iz poglavlja 8, odlikuje sarkastični smisao za humor što sasvim ide uz brilijantnost koja ga krasi kao naučnika. Jednom sam čuo kako se podsmeva zabludi o evolucionom predviđanju zamišljajući kambrijsku vrstu koja je sačuvala u svom genskom fondu jedan inače beskoristan protein zato što bi joj mogao dobro doći u doba krede.

[←87]

Darvin nam je rekao da je inspiraciju za prirodnu selekciju dobio od Tomasa Maltusa i možda su baš ove Darvinove reči reakcija na apokaliptički pasus na koji mi je skrenuo pažnju moj prijatelj Met Ridli: „Izgleda da je glad poslednji, najgrozniji resurs prirode. Moć populacije toliko je veća od moći zemlje da čoveku pruži egzistencijalni minimum, da prevremena smrt u ovom ili onom obliku mora pohoditi ljudsku rasu. Poroci čovečanstva aktivne su i sposobne sluge depopulacije. Oni su prethodnica u velikoj armiji uništenja i često sami obave užasan posao. Ali kada ne bi uspeli u tom ratu do istrebljenja, bolesti, epidemije, pošasti i kuge napredovali bi i izbrisali hiljade ili desetine hiljada. Ako uspeh ni tada ne bi bio potpun, onda ogromna neizbežna glad vreba iz prikrajka da u jednom moćnom zamahu sravni populaciju kojoj je hrane ostalo.”

[←88]

Voleo bih da mogu poverovati u to.

[←89]

Verske tradicije dugo su poistovećivale život s dahom. Engleska reč „spirit“ dolazi od latinskog „dah”. U Knjizi postanja Bog je prvo napravio Adama i zatim ga oživeo tako što mu je ulio svoj dah kroz njegove nosnice. Hebrejska reč za „dušu” je *ruah* ili *ruach* (srodno sa *ruh* na arapskom) a znači i „dah”, „vetar” i „inspiracija”.

[←90]

Termin je skovao francuski filozof Anri Bergson 1907. godine. Uvek sam cenio podrugljiv zaključak Džulijana Hakslija da vozove vuče *elan locomotif*.

[←91]

Svaki put se zgrozim - isto kao kada bih zagrebao po razderotini na koži ili pritisnuo zub koji me boli - kad god pomislim na anketu koju sam predstavio u dodatku, a po kojoj 19% Britanaca ne zna šta je godina i misli da Zemlja obrne krug oko Sunca za samo mesec dana. Čak i među onima koji razumeju šta je godina, veliki postotak ne zna šta izaziva godišnja doba, pretpostavljajući, uz šovinizam ljudi sa severne hemisfere, da smo Suncu najbliži u junu, a najudaljeniji od njega u decembru.

[←92]

Nije slučajno da je Klod Šenon kada je razvijao metriku informacija, što je mera statističke neverovatnosti, naišao na istu matematičku formulu koju je Ludvig Bolcman u prethodnom veku izveo za entropiju.

[←93]

Insekti, rakovi, pauci, stonoge itd.

[←94]

Na primer, mutacija na nozi stonoge odraziće se na obe strane tela i verovatno ponoviti na svim nogama duž tela. Iako je reč o jednoj mutaciji, embriološki procesi primoraće je da se ponovi mnogo puta s leve i desne strane. Isprva može izgledati kao paradoks da primoravanje povećava evolucijsku višestranost klade. Razlozi za to su takođe objašnjeni u poglavlju „Kaleidoskopski embrioni" iz knjige *Uspon Planinom neverovatnosti.*

[←95]

Ako baš hoću da cepidlačim, onda moram napomenuti da današnji zoolozi svrstavaju ptice u preživele dinosauruse. Dakle, strogo govoreći, tačan odgovor bio bi „tačno”, te je većina u Turskoj u pravu. Ipak, smatram da možemo sasvim ispravno pretpostaviti kako ljudi na takvo pitanje odgovaraju izuzimajući ptice iz dinosaurusa u koje ubrajaju samo izumrle „užasne guštere”, što je upravo i značenje grčkih reči u korenu termina dinosaurus.

[←96]

Gotovo svaka verska organizacija lako uspeva da se oslobodi poreza. Organizacije koje nisu verske moraju da dube na glavi kako bi dokazale svoju humanitarnu orijentaciju. Nedavno sam osnovao dobrotvornu fondaciju posvećenu promovisanju razuma i nauke *(Richard Dawkins Foundation far Reason and Science).* Tokom otegnutih, izuzetno skupih i, na kraju, uspešnih pregovora o sticanju statusa dobrotvorne organizacije, dobio sam pismo od Britanske komisije za dobrotvorne organizacije, 28. septembra 2006, u kome je pisalo: „Nije jasno kako napredak nauke može podsticati mentalno i moralno unapređenje javnosti. Molimo Vas da nam date dokaze za to ili da nam objasnite kako je to povezano sa širenjem humanizma i racionalnosti.” Nasuprot tome, verskim organizacijama priznaje se da promovišu humanost, bez obaveze da to i pokažu, i uprkos tome što, izgleda, aktivno rade na širenju nenaučnih neistina.